



TUGAS AKHIR - SS 145561

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI GARAM BERYODIUM DI PT. XY

ARNING SUSILAWATI
NRP 1312 030 063

Dosen Pembimbing
Dra. Lucia Aridinanti, M.T

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SS145561

CAPABILITY PROCESS ANALYSIS FOR ELECTRICAL RESISTANCE WELDED (ERW) PIPE AT PT XYZ

BINTI FATMAWATI
NRP 1312 030 071

Supervisor
Drs. Haryono, MSIE.

DIPLOMA III STUDY PROGRAM
DEPARTMENT OF STATISTICS
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI GARAM BERYODIUM DI PT. XY

Nama Mahasiswa : Arning Susilawati
NRP : 1312 030 063
Program Studi : Diploma III
Jurusan : Statistika FMIPA ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Lucia Aridinanti, M.T

ABSTRAK

Dalam meningkatkan kebutuhan pasar akan garam, PT. XY berinisiatif melakukan peningkatan produksi dengan metode khusus agar produksi garam beryodium dapat optimum karena pada tiga bulan terakhir tahun 2014 terdapat produksi garam tidak sesuai dengan harapan perusahaan dan diperlukan pengolahan kembali hingga 7 ton garam. Pada penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui bagaimana kapabilitas proses dari produksi garam beryodium pada tahap I (bulan November-Desember 2014) dan tahap II (bulan Februari-Maret 2015) dengan variabel yang digunakan adalah kandungan kalium iodat (ppm) dan banyaknya garam yodium yang lolos mesh (%). Hasil analisis pada tahap I menghasilkan C_p sebesar 13.169 yang artinya proses produksi pada bulan November-Desember 2014 telah kapabel. Pada tahap II menghasilkan C_p sebesar 5.59, yang artinya proses produksi pada bulan Februari-Maret 2015 telah kapabel.

Kata kunci: **Garam Beryodium, Indeks Kapabilitas Proses, *Generalized Variance*, T^2 Hotelling**

CAPABILITIES ANALYSIS PROCESS PRODUCTION OF IODIZED SALT AT PT. XY

Student Name : Arning Susilawati
NRP : 1312 030 063
Programe : Diploma-III
Department : Statistics FMIPA ITS
Academic Supervisor : Dra. Lucia Aridinanti, M.T

ABSTRACT

Increasing market demand for salt, PT. XY initiative to increase production by a special method so that the production of iodized salt can be optimum, because of the last three months of 2014 there were no salt production in accordance with the company's expectations and the necessary reprocessing of up to 7 tons of salt. In this study, want to determine how the process capability of the production of iodized salt at the stage I (November-December 2014) and stage II (February-March 2015) with variables used is potassium iodate (ppm) and the amount of iodine salt escaped mesh (%). Results of the analysis in stage I to produce C_p is 13.169, which means the production process in November-December 2014 was capable. In stage II produce C_p is 5.59, which means that the production process in February-March 2015 was capable.

Keywords: *Iodized salt, Capability Process Index, Generalized Variance, T2 Hotelling*

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI GARAM BERYODIUM DI PT. XY

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi Diploma III Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
ARNING SUSILAWATI
NRP. 1312 030 063

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dra. Lucia Aridinanti, M.T
NIP. 19610131 198701 2 001



Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS




Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001

SURABAYA, Juli 2015

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir berjudul “**Analisis Kapabilitas Proses Produksi Garam Beryodium di PT. XY**” dengan baik. Proses penyusunan buku ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, M.T selaku dosen pembimbing Kerja Praktek penulis,
2. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS,
3. Ibu Dra. Sri Mumpuni R, M.T selaku Ketua Program Studi Diploma-III Statistika ITS sekaligus dosen penguji,
4. Ibu Diaz Fitra Aksioma, S.Si, M.Si selaku dosen penguji,
5. Bapak Dr. Bambang Wijanarko Otok, M.Si selaku dosen wali,
6. Bapak dan Ibu dosen serta karyawan yang senantiasa mempermudah dalam aktivitas pembelajaran,
7. Bapak Yusuf Parsaulian (Pak Ian) selaku Manager *Quality Contorl* perusahaan garam PT. XY atas bantuannya dalam pengambilan data dan bergabai informasi,
8. Ibu Halima dan Bapak Abdul Halim selaku orang tua saya, mbak Rofi’a, mbak Maryam, mbak Aminah dan mbak Dila yang mendoakan saya,
9. Keluarga *Collegiate of* SMAN 1 Kraksaan *in* ITS, PPNS, PENS (CAKRA ITS), sahabat-sahabat D3S1STA12, Keluarga Besar Jamaah Masjid Manarul Ilmi ITS (HUMED KED, Media KKH dan Islamic Pers Kabinet AKSI), FORSIS (KHK, KSI),
10. Mbak Dian, Mbak Hanny, Mbak Chur, Mbak Fadia, serta Umi Maryam atas ilmu-ilmunya,
11. Sahabat FUSI 2012 yang sangat saya sayangi karena Allah: Imaniar, Mbak Tini, Bidadari Surga (Anisa, Iin, Novita),

12. Teman-teman PH JMMI 1516: Aulia (Partner Inisiator Perubahan), Amron-Eka, Aqor, Agus, Hafid-Puspa, Nizar-Ana, Naufal-Afifah, Syakir-Nur-Cindy, Fain-Anisa, Faiz-Nuy, Roni-Nelda, Arif-Faridah, Imam-Mei,
13. Teman akrab semester 6, Silvi, Mbak Fatma, Nur, Bias, Yana, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu disini.

Semoga buku ini bermanfaat bagi pembaca. Saran atau kritik dari pembaca sangat berguna bagi penyempurnaan buku tugas akhir yang lain.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
TITLE PAGE.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Statistika Sebagai Alat Dalam Kualitas.....	5
2.2 Analisis Multivariat.....	5
2.2.1 Pengujian Independensi.....	5
2.2.2 Pengujian Distribusi Normal Multivariat.....	7
2.2.3 Pengujian Multivariat Analisis Varians (MANOVA)	9
2.3 Pengendalian Kualitas Proses Statistika	12
2.3.1 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i>	13
2.3.1 Peta Kendali T^2 Hotelling.....	14
2.4 Diagram Ishikawa.....	15
2.5 Indeks Kapabilitas Proses Multivariat.....	16
2.6 Perusahaan Garam PT. XY.....	17
2.8 Proses Produksi	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Cara Pengambilan Sampel.....	21
3.2 Variabel Penelitian	22
3.3 Langkah Analisis	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29

4.1	Deskripsi Variabel Produksi Garam	29
4.1.1	Plot Data Kalium Iodat Produksi Garam.....	30
4.1.2	Plot Data Lolos Mesh Produksi Garam	31
4.2	Pengujian Dependensi Data Produksi Garam	32
4.3	Pengujian Distribusi Normal Multivariat Data Produksi Garam	33
4.4	Pengujian Pergeseran Proses Produksi Garam	34
4.4.1	Pengujian Pergeseran Antar Shift pada Tahap I dan Tahap II	35
4.4.2	Pengujian Pergeseran Antar Tahap	36
4.5	Analisis Kapabilitas Proses Produksi Garam Tahap I ...	36
4.5.1	Pengendalian Kualitas Proses Produksi Garam Tahap I.....	36
4.5.2	Indeks Kapabilitas Proses Produksi Garam Tahap I.....	40
4.6	Analisis Kapabilitas Proses Produksi Garam Tahap II..	40
4.6.1	Pengendalian Kualitas Proses Produksi Garam Tahap II	40
4.6.2	Indeks Kapabilitas Proses Produksi Garam Tahap II	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN.....		51
BIODATA PENULIS		71

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Struktur Data Multivariat.....	10
Tabel 2.2 Pengujian MANOVA	11
Tabel 2.3 Distribusi Sampling Wilks Lambda.....	12
Tabel 2.4 Proses Produksi PT. XY	18
Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian.....	21
Tabel 3.2 Variabel Penelitian	22
Tabel 4.1 Deskripsi Variabel Produksi Garam	29
Tabel 4.2 Pengujian Dependensi Data Produksi Garam Beryodium.....	33
Tabel 4.3 Pengujian Distribusi Normal Multivariat Produksi Garam	34
Tabel 4.4 Pengujian Pergeseran Antar Shift.....	35
Tabel 4.5 Data out of control T^2 Hotelling Tahap I.....	38
Tabel 4.6 Data out of control T^2 Hotelling Tahap II.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Ishikawa	16
Gambar 3.1 Diagram Alir	27
Gambar 4.1 Plot Data Kalium Iodat pada Tahap I.....	30
Gambar 4.2 Plot Data Kalium Iodat pada Tahap II	30
Gambar 4.3 Plot Data Lolos Mesh pada Tahap I.....	31
Gambar 4.4 Plot Data Lolos Mesh pada Tahap II.....	32
Gambar 4.5 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Tahap I.....	37
Gambar 4.6 Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I	38
Gambar 4.7 Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I (Terkendali pada Iterasi Keempat).....	39
Gambar 4.8 Ishikawa	41
Gambar 4.9 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Tahap II.....	42
Gambar 4.10 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Tahap II Iterasi Pertama.....	42
Gambar 4.11 Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap II	43
Gambar 4.12 Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap II (Terkendali pada Iterasi Ketiga).....	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Proses Produksi Garam Tahap I.....	51
Lampiran 2. Data Proses Produksi Garam Tahap II.....	53
Lampiran 3. Pengujian Dependensi Tahap I	55
Lampiran 4. Pengujian Dependensi Tahap II.....	55
Lampiran 5. Macro Pengujian Distribusi Normal	55
Lampiran 6. Pengujian Distribusi Normal Multivariat Tahap I.....	57
Lampiran 7. Pengujian Distribusi Normal Multivariat Tahap II.....	59
Lampiran 8. Pengujian Pergeseran Antar Shift pada Tahap I dan Tahap II	61
Lampiran 9. Pengujian Pergeseran Antar Tahap.....	61
Lampiran 10. Peta kendali T^2 Hotelling Tahap I.....	62
A. Iterasi Pertama Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I.....	62
B. Iterasi Kedua Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I.....	63
C. Iterasi Ketiga Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I.....	63
Lampiran 11. Indeks Kapabilitas Proses Tahap I.....	64
Lampiran 12. Peta kendali T^2 Hotelling Tahap II	65
A. Iterasi Pertama Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap II.....	65
B. Iterasi Kedua Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap II.....	65
Lampiran 13. Indeks Kapabilitas Proses Tahap I.....	66
Lampiran 14. Macro Indeks Kapabilitas Proses Tahap I	67
Lampiran 15. Macro Indeks Kapabilitas Proses Tahap II.....	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia adalah negara maritim, dengan luasnya lautan daripada daratan akan sangat memungkinkan bagi Indonesia untuk menghasilkan garam yang didapatkan dari air laut. Garam adalah salah satu bahan pelengkap kebutuhan pangan dan berfungsi sebagai sumber elektrolit bagi tubuh manusia. Namun, pada tahun 2011 lalu, produksi garam Indonesia belum mencukupi permintaan pasar sehingga solusi yang dilakukan pemerintah adalah melakukan impor garam, dimana dari impor garam tersebut memberi pertanda bahwa Indonesia belum mampu mencukupi kebutuhan dalam negeri sehingga memberikan peluang pengusaha garam luar negeri, misalkan Australia untuk menjadikan Indonesia sebagai konsumen tetap (Boenarco, 2012).

Kebutuhan garam sebagai bahan pelengkap pangan mendorong perusahaan garam PT. XY sebagai perusahaan keluarga untuk meningkatkan hasil produksi garam agar kebutuhan pasar tetap terpenuhi meskipun seringkali hasil produksi perusahaan tidak mencukupi kebutuhan. Terkait hasil produksi, terdapat paper oleh Tirto (2013) menyatakan bahwa probematika yang ada dari perusahaan tersebut adalah belum menerapkan tools manajemen modern *Balance Score cards*, *Statistical Process Control*, dan *Customer Relationship Management*. Dan hal tersebut memperkuat penelitian yang pernah dilakukan oleh Indriartiningtias (2007) mengenai “Pengendalian Kualitas Produk Garam Pada PT. XY” dengan metode analisis yang digunakan adalah *seven tools* dimana hasil analisis yang diperoleh adalah kualitas produk garam dipengaruhi oleh zat-zat yang ada pada proses pembuatan garam, yaitu larutan pencuci (Be), kadar air dan kadar garam, sedangkan data timbangan yang kurang sesuai dengan standart yang berlaku hanya mempengaruhi kuantitas garam. Untuk proses produksi dari salah satu mesin (mesin I) sudah cukup baik tapi masih perlu adanya pembenahan pada mesin yang dipakai. Selain itu perlu adanya pengontrolan ukuran mesh agar tidak terjadi kesalahan ukuran garam yang terlalu berlebihan serta pengontrolan

pemakaian air yang berpengaruh pada warna garam. Artinya, dalam proses pembuatan garam di PT. XY, variabel yang perlu diperhatikan adalah kadar air dan lolos mesh (lolos mesh ukuran garam).

Dalam penelitian tersebut hanya terfokus pada ukuran garam sedangkan variabel lain yang digunakan perusahaan yakni kadar air dan kalium iodat belum dianalisis secara statistika sehingga saat ini bisa dipastikan perusahaan garam PT. XY belum menerapkan *statistical process control* dengan menggunakan tiga variabel dalam menentukan garam beryodium yang sesuai dengan spesifikasi perusahaan maupun pelanggan.

1.2 Rumusan Masalah

Variabel yang menentukan kualitas garam pada hasil proses produksi adalah *foreign matter* (fm), kadar air, kalium iodat, dan lolos mesh. Indiartiningtyas (2007) telah melakukan penelitian di PT. XY mengenai kualitas produk garam secara deskriptif saja. Kualitas garam PT. XY pada bulan Oktober, November dan Desember tahun 2014 terdapat kandungan kalium iodat yang kurang dari batas spesifikasi minimum, akibatnya ada sekitar 7 ton garam yang harus di proses ulang. Dengan demikian diperlukan analisis kapabilitas proses, dimana variabel yang digunakan adalah variabel kalium iodat dan lolos mesh (karena secara kimia, kalium iodat dan lolos mesh ada hubungan). Sehingga permasalahan adalah:

1. Bagaimana hasil pergeseran proses antar shift pada tahap I (November-Desember 2014) dan tahap II (Februari-Maret 2015), serta pergeseran proses antara tahap I dan tahap II?
2. Bagaimana hasil analisis pengendalian kualitas pada proses pembuatan garam beryodium di PT. XY pada tahap I dan tahap II?
3. Bagaimana kapabilitas proses pada pembuatan garam beryodium di PT. XY pada tahap I dan tahap II?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan tersebut, berikut tujuan penelitian ini.

1. Mengetahui pergeseran proses antar shift pada tahap I dan tahap II, serta pergeseran proses antara tahap I dan tahap II.

2. Menganalisis kualitas proses pembuatan garam beryodium di PT. XY pada tahap I dan tahap II.
3. Menentukan indeks kapabilitas proses pada pembuatan garam beryodium di PT. XY pada tahap I dan tahap II.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada perusahaan mengenai hasil analisis pengendalian kualitas pada proses pembuatan garam beryodium di PT. XY sehingga dapat menjadi referensi dalam pengambilan kebijakan untuk perbaikan perusahaan.
2. Menambah pengetahuan dari pengaplikasian analisis pengendalian kualitas proses khususnya pada pembuatan garam beryodium di PT. XY pada tahap I dan tahap II.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah data laporan pengendalian mutu internal dari perusahaan garam PT. XY unit produksi IV dalam shift malam, pagi dan sore dari bulan November-Desember 2014 (pengamatan tahap I) serta bulan Februari-Maret 2015 (pengamatan tahap II) dimana perusahaan menyatakan bahwa pada unit tersebut menghasilkan produk yang optimum. Dengan variabel yang digunakan adalah kalium iodat dan produksi garam lolos mesh.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini meliputi statistika sebagai alat dalam kualitas, analisis multivariat, pengendalian kualitas proses statistika, Ishikawa dan kapabilitas proses.

2.1 Statistika Sebagai Alat Dalam Kualitas

Statistika adalah metodologi yang digunakan untuk mengumpulkan, mengorganisir, menganalisis, menginterpretasi dan mempresentasikan data (Ariani, 2004). Data yang digunakan tidak hanya sekedar dikumpulkan namun data tersebut dapat digunakan ketika memiliki arti. Statistika dalam kualitas suatu industri dibutuhkan untuk mencapai kualitas yang memuaskan. Dalam dunia industri, yang perlu diperhatikan adalah mengetahui metode-metode statistika dan pengetahuan tentang produk yang dihasilkan.

Untuk menampilkan data dalam bentuk ringkas, dapat digunakan bentuk nilai minimum, nilai maksimum, pengukuran kecenderungan memusat (rata-rata) dan pengukuran penyebaran (varians) dari setiap variabel.

2.2 Analisis Multivariat

Analisis multivariat (Hair, 2010) merupakan teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis beberapa pengukuran objek yang diteliti (lebih dari satu variabel). Untuk menganalisis menggunakan multivariat maka asumsi yang harus terpenuhi adalah variabel satu dengan yang lain saling berhubungan dan memenuhi distribusi normal multivariat. Dalam penelitian ini, asumsi digunakan untuk menguji pergeseran proses dengan menggunakan metode MANOVA lalu dilanjutkan dengan pengendalian kualitas statistika serta menentukan indeks kapabilitas proses.

2.2.1 Pengujian Independensi

Menentukan kelayakan analisis multivariat salah satunya dengan meneliti adanya matriks korelasi dimana salah satu metode yang digunakan adalah uji *Bartlett Sphericity* (Hair,

2010). Variabel x_1, x_2, \dots, x_p dikatakan bersifat saling bebas (*independent*) jika matriks korelasi antar variabel (simbol \mathbf{R}) membentuk matriks identitas. Untuk menguji kebebasan antar variabel ini dapat dilakukan uji *Bartlett sphericity* berikut .

Hipotesis :

$H_0: \rho = I$ (tidak ada korelasi antar variabel atau matriks korelasi saling bebas)

$H_1: \rho \neq I$ (ada korelasi antar variabel atau matriks korelasi tidak saling bebas)

Statiistik uji :

$$\chi^2_{hitung} = - \left\{ n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

Dimana, n merupakan jumlah pengamatan, p adalah jumlah karakteristik kualitas, dan \mathbf{R} adalah matrik korelasi antar variabel yang dinyatakan sebagai berikut.

$$|\mathbf{R}| = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{j1} & r_{j2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m (x_{ijk} - \bar{x}_{.j.})(x_{ijk} - \bar{x}_{.j.})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m (x_{ijk} - \bar{x}_{.j.})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m (x_{ijk} - \bar{x}_{.j.})^2}} \quad (2.3)$$

Keterangan:

x_{ijk} = nilai pengamatan pada sampel subgroup ke-i, karakteristik kualitas ke-j, subgroup ke-k pada Tabel 2.4

r_j = nilai korelasi antar karakteristik kualitas

j = karakteristik kualitas ke-j

k = subgroup ke-k

n = jumlah observasi

\mathbf{R} = matriks korelasi dari masing-masing karakteristik kualitas

Daerah kritis untuk menolak hipotesis H_0 , yang berarti antar variabel bersifat tidak saling bebas yakni jika nilai $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha; 1/2p(p-1)}$ atau $P_{value} < 0.05$ dengan α (taraf signifikan) sebesar 0.05 dan derajat bebas sebesar $1/2p(p-1)$ (Hair, 2010). Sehingga penggunaan metode multivariat layak digunakan untuk analisis berikutnya.

2.2.2 Pengujian Distribusi Normal Multivariat

Variabel acak x (Montgomery, 2009) dikatakan berdistribusi normal dengan nilai tengah $\mu - \infty < x < \infty$, dan ragam $\sigma^2 > 0$, maka persamaan normal (univariat) sebagai berikut.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \text{ untuk } -\infty < x < \infty \quad (2.4)$$

Telepas dari nilai minus, terbentuk nilai eksponensial dari distribusi univariat normal yakni.

$$(x - \mu)(\sigma^2)^{-1}(x - \mu) \quad (2.5)$$

Kuantitas tersebut mengukur jarak standart dari x dengan *mean* μ dimana dapat dinyatakan dalam satuan standart deviasi.

Pendekatan dari Persamaan 2.4 tersebut juga dapat digunakan dalam kasus distribusi normal multivariat. Dengan p variabel, yang diberikan dari x_1, x_2, \dots, x_p . Vektor x dari p -variabel yakni $x' = [x_1, x_2, \dots, x_p]$ dengan $\mu' = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p]$.

Varians dan covarians dari variabel random x dari $p \times p$ covarians matriks Σ . Elemen utama dari diagonal Σ adalah varians dari x' dan diluar dari elemen utama adalah covarians. Berikut jarak standart kuadrat yang terbentuk dari x ke μ sebagai berikut.

$$(x - \mu)' \Sigma^{-1} (x - \mu) \quad (2.6)$$

Fungsi kepadatan normal multivariat merupakan pergantian jarak standart dari Persamaan 2.4 menjadi Persamaan 2.5 dan mengubah konstanta $1/\sqrt{2\pi}\sigma^2$ menjadi lebih umum yang membuat daerah dibawah fungsi kepadatan peluang tanpa nilai p . Sehingga fungsi kepadatan normal multivariat yang terbentuk adalah.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)' \Sigma^{-1} (x-\mu)} \quad (2.7)$$

Dimana $-\infty < x_i < \infty$, $i=1,2,\dots,p$. Jika x_1, x_2, \dots, x_p berdistribusi normal multivariat maka $(X-\mu)' \Sigma^{-1} (X-\mu)$ berdistribusi χ_p^2 . Berdasarkan sifat ini maka pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat dilakukan dengan cara membuat *q-q plot* (Johnson, 2007).

Berikut prosedur dalam pembuatan *q-q plot*.

1. Menghitung jarak tergeneralisasi yang dikuadratkan (d_{jk}^2) dimana S^{-1} adalah matriks berukuran $p \times p$.
2. Mengurutkan nilai d_{jk}^2 dari terkecil hingga terbesar.
3. Menentukan nilai q .
4. Membuat scatter plot antara d_{jk}^2 dan q .

Dengan rumus d_{jk}^2 sebagai berikut.

$$d_{.jk}^2 = \left(X_{ijk} - \bar{X}_{.j.} \right)' S^{-1} \left(X_{ijk} - \bar{X}_{.j.} \right) \quad (2.8)$$

dimana:

$$\bar{X}_{.jk} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ijk}}{n} \quad (2.9)$$

$$\bar{\bar{X}}_{.j.} = \frac{\sum_{k=1}^m \bar{x}_{jk}}{m} \quad (2.10)$$

$$S = \begin{pmatrix} s_1^2 & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{21} & s_2^2 & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & s_{p2} & \cdots & s_p^2 \end{pmatrix} \quad (2.11)$$

$$s_{.jk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{.jk})^2 \quad (2.12)$$

$$s_{jkh} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{.jk})(x_{ihk} - \bar{x}_{.hk}) \quad (2.13)$$

Keterangan:

\mathbf{X}_{ijk} : vektor sampel ke-i, karakteristik kualitas ke-j, dan subgrup ke-k

$\bar{\mathbf{X}}_{.j.}$: vektor rata-rata pengamatan pada karakteristik kualitas ke-j

i : 1, 2, ..., n dan n adalah jumlah sampel tiap subgrup

j : 1, 2, ..., p dan p adalah jumlah karakteristik kualitas

k : 1, 2, ..., m dan m adalah jumlah subgrup

\mathbf{S}^{-1} : invers matriks varian kovarian \mathbf{S}

Sebaran mengikuti distribusi normal multivariat ketika q - q *plot* membentuk sebuah garis lurus. Selanjutnya, dilakukan pengujian distribusi normal multivariat sebagai berikut.

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Dengan menggunakan statistik uji pada Persamaan 2.8, maka daerah kritisnya yakni menolak hipotesis H_0 jika $t < 0.5$ (50%) yang artinya nilai t yang terbentuk maksimal terdapat 50% nilai $d_{jk}^2 < \chi_{\alpha, df}^2$ dimana α (taraf signifikan) sebesar 0.05 dan derajat bebas (df) sebesar p .

2.2.3 Pengujian Multivariat Analisis Varians (MANOVA)

Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) digunakan untuk menyelidiki apakah ada kesamaan antara vektor rata-rata dari beberapa populasi (populasi lebih dari 1) (Johnson, 2007). MANOVA merupakan teknik analisis data tentang perbedaan pengaruh beberapa variabel independen dalam skala nominal terhadap sekelompok variabel dependen dalam skala rasio. Asumsi yang harus terpenuhi adalah:

- Data diambil secara acak dari suatu populasi,
- Setiap populasi berdistribusi normal multivariat, dan
- Matriks kovariansi antara g populasi sama (*homogeny*).

Model dari MANOVA sebagai berikut.

$$X_{jk} = \mu + \tau_k + e_{jk}; j=1, 2, \dots, p \text{ dan } k=1, 2, \dots, m \quad (2.14)$$

Dimana e_{jk} merupakan variabel independen, dengan vektor parameter μ adalah rata-rata setiap level, dan τ_k merupakan representatif dari efek perlakuan. Vektor pengamatan dapat tergambar sebagai berikut.

$$X_{ijk} = \bar{\bar{X}}_{.j.} + (\bar{X}_{.jk} - \bar{\bar{X}}_{.j.}) + (X_{ijk} - \bar{X}_{.jk}) \quad (2.15)$$

Dengan perhitungan $\bar{X}_{.jk}$ pada Persamaan 2.9 dan perhitungan $\bar{\bar{X}}_{.j.}$ pada Persamaan 2.10, maka struktur data multivariat sebagai berikut.

Tabel 2.1 Struktur Data Multivariat

Subgrup (<i>k</i>)	Sampel (<i>i</i>)	Variabel kualitas (<i>j</i>)				
		X_1	...	X_j	...	X_p
1	1	X_{111}	...	X_{1j1}	...	X_{1p1}
	:	:	:	:	:	:
	<i>i</i>	X_{i11}	...	X_{ij1}	...	X_{ip1}
	:	:	:	:	:	:
	<i>n</i>	X_{n11}	:	X_{nj1}	:	X_{np1}
	$\bar{X}_{.jk}$	$\bar{X}_{.11}$:	$\bar{X}_{.j1}$:	$\bar{X}_{.p1}$
:	:	:	:	:	:	:
<i>k</i>	1	X_{11k}	...	X_{1jk}	...	X_{1pk}
	:	:	:	:	:	:
	<i>i</i>	X_{i1k}	...	X_{ijk}	...	X_{ipk}
	:	:	:	:	:	:
	<i>n</i>	X_{n1k}	:	X_{njk}	:	X_{npk}
	$\bar{X}_{.jk}$	$\bar{X}_{.1k}$:	$\bar{X}_{.jk}$:	$\bar{X}_{.pk}$
:	:	:	:	:	:	:
<i>m</i>	1	X_{11m}	...	X_{13m}	...	X_{1pm}
	:	:	:	:	:	:
	<i>i</i>	X_{i1m}	...	X_{ijm}	...	X_{ipm}
	:	:	:	:	:	:
	<i>n</i>	X_{n1m}	:	X_{n3m}	:	X_{npm}
	$\bar{X}_{.jk}$	$\bar{X}_{.1m}$:	$\bar{X}_{.jm}$:	$\bar{X}_{.pm}$

Dimana:

\mathbf{X}_{ijk} : vektor sampel ke-i, karakteristik kualitas ke-j, dan subgrup ke-k

$\bar{\bar{\mathbf{X}}}_j$: vektor rata-rata pengamatan pada karakteristik kualitas ke-j

$\bar{\mathbf{X}}_{jk}$: vektor rata-rata pengamatan pada karakteristik kualitas ke-j pada subgroup ke-k

i : 1, 2, ..., n dan n adalah jumlah sampel tiap subgroup

j : 1, 2, ..., p dan p adalah jumlah karakteristik kualitas

k : 1, 2, ..., m dan m adalah jumlah subgroup

Adapun hipotesis yang digunakan sebagai berikut.

$H_0: \tau_1 = \dots = \tau_k = 0$ (tidak ada pergeseran proses produksi)

$H_1: \tau_k \neq 0$ (ada pergeseran proses produksi)

dimana $k=1, 2, \dots, p$

Statistik uji :

Tabel 2.2 Pengujian MANOVA

Sumber Variansi	Matriks jumlah dari kuadrat dan hasil kali	Derajat kebebasan
Perlakuan	$B = \sum_{k=1}^m n_k \left(\bar{\mathbf{X}}_{jk} - \bar{\bar{\mathbf{X}}}_j \right) \left(\bar{\mathbf{X}}_{jk} - \bar{\bar{\mathbf{X}}}_j \right)^T$	$m - 1$
Galat (sis) (sis)	$W = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^{n_p} \left(X_{ijk} - \bar{\mathbf{X}}_{jk} \right) \left(X_{ijk} - \bar{\mathbf{X}}_{jk} \right)^T$	$\sum_{k=1}^m n_k - m$
Total	$B + W$	$\sum_{k=1}^m n_k - 1$

Daerah kritis yakni menolak H_0 jika distribusi sampling (F_{hitung}) dari Wilks Lambda lebih besar daripada sampling distribusi F (Tabel 2.3).

Dimana Wilks Lambda adalah $\left(\wedge^* = \frac{|W|}{|B + W|} \right)$.

Tabel 2.3 Distribusi Sampling Wilks Lambda

Jumlah Variabel	Jumlah Subgroup	Distribusi Samling
$p = 1$	$k \geq 2$	$\left(\frac{\sum n_k - m}{m - 1} \right) \left(\frac{1 - \wedge^*}{\wedge^*} \right) \sim F_{m-1; \sum n_k - 1}$
$p = 2$	$k \geq 2$	$\left(\frac{\sum n_k - m - 1}{m - 1} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\wedge^*}}{\sqrt{\wedge^*}} \right) \sim F_{2(m-1); 2(\sum n_k - m - 1)}$
$p \geq 1$	$k = 2$	$\left(\frac{\sum n_k - p}{p} \right) \left(\frac{1 - \wedge^*}{\wedge^*} \right) \sim F_{p; \sum n_k - p - 1}$
$p \geq 1$	$k = 3$	$\left(\frac{\sum n_k - p - 2}{p} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\wedge^*}}{\sqrt{\wedge^*}} \right) \sim F_{2; 2(\sum n_k - p - 2)}$

2.3 Pengendalian Kualitas Proses Statistika

Pengendalian kualitas proses statistika (*statistical process control*) merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan sebagai pemonitor, pengendali, penganalisis, pengelola, dan memperbaiki proses menggunakan metode-metode statistika (Ariani, 2004). Pengendalian proses statistika merupakan penerapan metode-metode statistika untuk pengukuran dan analisis variasi proses agar dapat meminimalisir penyimpangan atau kesalahan. Deteksi adanya penyimpangan terbagi menjadi dua, yakni penyebab umum (*random causes*) yang sudah melekat pada proses, dan penyebab khusus (*assignable causes*) yang merupakan kesalahan yang berlebihan atau tidak diketahui penyebabnya.

Adapun metode untuk pengendalian kualitas proses statistika diantaranya dengan menggunakan peta kendali. Peta kendali menurut Caulcutt merupakan gambar sederhana dengan

tiga garis, dimana, garis tengah yang disebut garis pusat (*center line*) merupakan target nilai pada beberapa kasus, dan kedua garis lainnya merupakan batas pengendali atas dan batas pengendali bawah (Ariani, 2004). Karakteristik kualitas dalam peta kendali terbagi menjadi kualitas atribut (dinyatakan dalam kategori tertentu, dan untuk membedakan saja) dan kualitas variabel (dinyatakan dengan besaran yang dapat diukur, misalkan panjang, lebar dan sebagainya).

Dalam penelitian ini, karakteristik kualitas variabel, dengan menggunakan peta kendali *Generalized Variance* (untuk mengetahui kualitas dari *varians*) dan T^2 Hotelling (untuk mengetahui kualitas dari *mean*).

2.3.1 Peta Kendali *Generalized Variance*

Peta kendali *Generalized Variance* yang dilambangkan dengan $|S|$ digunakan untuk pengendalian kualitas statistika (*varians*) dari dua atau lebih karakteristik kualitas yang berhubungan. *Generalized Variance* merupakan diperoleh dari pendekatan normal asimtotik yang berasal dari determinan sampel matriks covarians digunakan sebagai ukuran dispersi multivariat (Montgomery, 2009). Dengan *mean* $E(|S|)$, *varians* $V(|S|)$ dan probabilitas dari $|S|$ yang dimasukkan ke dalam interval $E|S| \pm 3\sqrt{V(|S|)}$ maka terbentuk.

$$E(|S|) = b_1 |\Sigma| \quad (2.16)$$

dan

$$V(|S|) = b_2 |\Sigma|^2 \quad (2.17)$$

dimana

$$b_1 = \frac{1}{(n-1)^p} \prod_{i=1}^p (n-i) \quad (2.18)$$

dan

$$b_2 = \frac{1}{(n-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (n-i) \left[\prod_{j=1}^p (n-j+2) - \prod_{j=1}^p (n-j) \right] \quad (2.19)$$

Kemudian, batas kendali dari $|S|$ sebagai berikut.

$$\begin{aligned} BKA &= |\Sigma| (b_1 + 3b_2^{1/2}) \\ GT &= b_1 |\Sigma| \\ BKB &= |\Sigma| (b_1 + 3b_2^{1/2}) \end{aligned} \quad (2.20)$$

BKB akan bernilai nol jika hasil perhitungan yang didapat bernilai negative atau kurang dari nol. Proses dikatakan tidak terkendali jika plot-plot statistiknya berada di luar batas kendali atas atau batas kendali bawah.

2.3.1 Peta Kendali T^2 Hotelling

Peta kendali T^2 Hotelling digunakan untuk pengendalian kualitas statistika (*mean*) dari dua atau lebih karakteristik kualitas yang berhubungan. Pengendalian kualitas statistika adalah suatu metode untuk mengevaluasi kualitas produk hasil produksi dengan menggunakan metode-metode statistika (Montgomery, 2009).

Untuk membuat grafik pengendali T^2 Hotelling terlebih dahulu dicari vektor rata-rata sampel (\bar{X}) dan matriks variansi-kovarian (S). Kemudian dihitung nilai invers dari matriks S dari rata-rata sampel berukuran $p \times p$.

$$T_k^2 = n(\bar{X}_{.jk} - \bar{\bar{X}}_{.j})^T S^{-1} (\bar{X}_{.jk} - \bar{\bar{X}}_{.j}) \quad (2.21)$$

Dimana perhitungan $\bar{X}_{.jk}$ pada Persamaan 2.9, perhitungan $\bar{\bar{X}}_{.j}$ pada Persamaan 2.10, perhitungan S pada Persamaan 2.11.

Nilai Batas kendali atas dan bawah ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$BKA = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha, p, mn-m-p} \quad (2.22)$$

$$BKB = 0$$

Adapun struktur data dari T^2 Hotelling digambarkan pada Tabel 2.1. Suatu proses terkendali ketika T_k^2 berada didalam batas kendali, sebaliknya proses tidak terkendali (*out of control*) jika ada T_k^2 yang berada diluar batas kendali. Jika sampel dari subgroup ke- k yang dikatakan *out of control* dan diketahui penyebabnya, maka sampel subgroup ke- k dapat dihilangkan.

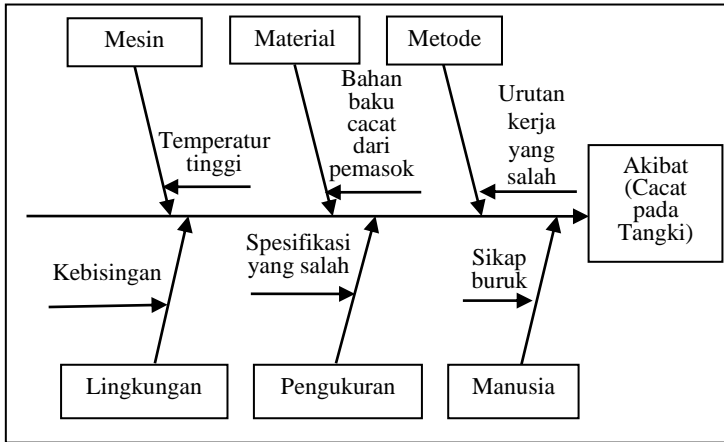
Langkah tersebut dilakukan sampai peta dalam keadaan terkendali. Jika peta kendali pada tahap I sudah terkendali maka dapat dilanjutkan pada tahap II. Peta kendali tahap II yaitu melakukan pengendalian karakteristik kualitas dengan menggunakan data masa yang akan datang, dengan acuan batas kendali yang digunakan adalah hasil dari tahap I (pengendalian awal). Spesifikasi variabel yang keluar batas kontrol jika $d_j = T^2 - T_{(j)}^2$ (d_j merupakan jarak relative, T^2 merupakan nilai statistik T^2 Hotelling, $T_{(j)}^2$ nilai statistik T^2 Hotelling pada variabel ke- j dengan $i=1,2 \dots p$) (Montgomery, 2009).

2.4 Diagram Ishikawa

Diagram sebab akibat (diagram Ishikawa) merupakan sebuah *tool* yang digunakan untuk menganalisa penyebab potensi efek atau *unlayering* dari hal yang tidak diinginkan perusahaan (Montgomery, 2009). Adapun langkah-langkah dalam membuat diagram sebab akibat adalah sebagai berikut.

1. Menentukan masalah yang akan dianalisis
2. Membentuk tim untuk melakukan analisis untuk mengungkapkan penyebab potensial melalui *brainstorming*.
3. Mengidentifikasi kemungkinan penyebab dan mengklasifikasikan permasalahan dalam kategori yakni mesin, material, metode, manusia, pengukuran, dan lingkungan.
4. Mengambil tindakan atau keputusan

Sebagai contoh, diagram sebab akibat (Montgomery, 2009) dari penyebab utama cacat pada tangki (Gambar 2.1). Pada Gambar 2.1 diketahui penyebab dari cacat pada tangka adalah mesin (temperatur tinggi), material (bahan baku cacat dari pemasok), metode (urutan kerja yang salah), pengukuran (spesifikasi yang salah), serta manusia (sikap buruk).



Gambar 2.1 Diagram Ishikawa

2.5 Indeks Kapabilitas Proses Multivariat

Penentuan indeks kapabilitas proses dilakukan setelah proses telah berada dalam batas kendali secara statistik dan memenuhi batas spesifikasi. Sebuah proses dikatakan berada dalam batas kendali jika variasi yang terjadi pada sistem disebabkan oleh variasi penyebab umum (Kotz, 1993).

$$Cp = \frac{K}{\chi^2_{\alpha;df}} \left[\frac{(n-1)p}{S} \right]^{1/2} \quad (2.23)$$

Dimana:

S : matriks varians kovarians (Persamaan 2.11)

$$K = \sqrt{(X_{ijk} - \xi)^T V_0^{-1} (X_{ijk} - \xi)}$$

$$\xi = \frac{1}{2} (BSA + BSB)$$

V_0^{-1} = invers matrik varian kovarian

$\chi^2_{\alpha;df}$ = nilai *Chi-Square* yang diperoleh dari α (tingkat signifikansi sebesar 0.0027 atau setara dengan 3σ) dan df (derajat bebas yang besarnya sama dengan jumlah karakteristik kualitas p).

Kriteria penilaian yakni suatu proses dikatakan kapabel apabila $C_p > 1$ yang artinya tingkat akurasi dan presisi dari proses tersebut adalah tinggi sehingga data pengamatan berada dalam batas spesifikasi. Akurasi adalah Kemampuan untuk mencapai sasaran/target yang dituju. Presisi adalah Kemampuan untuk selalu mendapatkan nilai yang sama.

2.6 Perusahaan Garam PT. XY

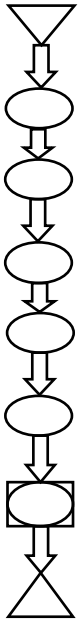
PT. XY merupakan perusahaan dibidang garam beryodium yang telah berdiri sejak 27 Maret 1978 di Surabaya. Perusahaan pada tahun 1979 memiliki unit mesin pertamanya dengan kapasitas 4 ton perjam. Berkembangnya perusahaan ditandai dengan penambahan unit kedua pada tahun 1990 dan sekarang (2015) jumlah mesin menjadi 7 unit mesin dengan kapasitas total garam jadi sebesar 400 ton perhari. PT. XY yang merupakan perusahaan keluarga menempatkan Komisaris pada posisi tertinggi dalam struktur organisasi perusahaan. Komisaris sebenarnya bertugas untuk mengawasi jalannya perusahaan dan posisinya setara dengan posisi Direktur Utama. Komisaris pada organisasi ini ditempatkan diposisi puncak disebabkan oleh karena Sang Komisaris merupakan pendiri perusahaan dan ayah dari para direktur.

Kelebihan perusahaan keluarga PT. XY yaitu memiliki keharmonisasian dalam mengambil keputusan dan menyelesaikan permasalahan. Kelemahannya masih membawa peran dalam susunan anggota keluarga. Peran tersebut mempengaruhi posisi jabatan dalam perusahaan. Bisnis keluarga yang baik adalah entitas ekonomi dimana keberhasilan diukur bukan pada harga diri dan kesenangan interpersonal individu, tetapi dalam produktivitas dan profesionalisme. Sehingga ukuran utama seseorang terletak pada kontribusi terhadap pelaksanaan strategi, pencapaian target, dan profitabilitas perusahaan berdasarkan keputusan yang dihasilkan dari Rapat Umum Pemegang Saham. Produk PT. XY berupa garam beryodium untuk keperluan industri makanan dan produk bermerek (Kapal, Jempol, dan Garami). Departemen yang ada pada PT. XY yaitu departemen produksi, pemasaran, keuangan, dan sumber daya manusia (Tirto, 2013).

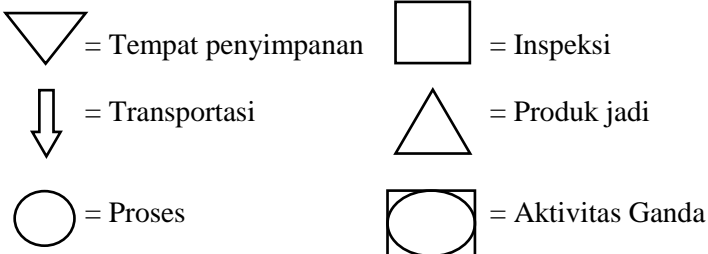
2.8 Proses Produksi

Proses produksi dari pembuatan garam di PT. XY dengan menggunakan simbol-simbol standart (Wignjosoebroto, 2008). sebagai berikut.

Tabel 2.4 Proses Produksi PT. XY

<i>Flow Chart</i>	Proses	Inspeksi/Uji Parameter	Persyaratan Standart
	Bahan Baku	Warna, bentuk, bau, rasa, kadar air	Warna (putih); bentuk (kristal), bau (normal), rasa (asin), kadar air (import: max 4%, lokal: max 15%)
	Penggilingan	-	
	Pencucian	Kepekatan larutan pencuci	22-25 ⁰ Be
	Penirisan	Warna	Warna: putih
	Yodisasi	Tangki dan peralatan yodisasi	Kadar KIO ₃ =min 30 ppm
	Pengeringan	Kadar air, kadar yodium, warna	Kadar air: max 0.5%
	Pengayakan	Kehalusan	Pass #16: min 95%
	Pengemasan	Sesuai SNI 01-3556-2000	-

Keterangan:



Keterangan lebih lanjut dari simbol-simbol produksi adalah berikut.

- a. **Segitiga terbalik** merupakan proses penyimpanan yang terjadi jika objek disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama.
- b. **Panah** merupakan simbol kegiatan transportasi yang terjadi jika sebuah objek dipindahkan dari suatu lokasi ke lokasi yang lain.
- c. **Lingkaran** merupakan simbol kegiatan operasi yang terjadi jika sebuah obyek (benda kerja/bahan baku) mengalami perubahan bentuk, baik secara fisik maupun kimiawi.
- d. **Persegi** merupakan simbol kegiatan inspeksi yang terjadi jika sebuah obyek mengalami pengujian ataupun pengecekan ditinjau dari segi kuantitas ataupun kuantitas.
- e. **Perpaduan lingkaran dan persegi (aktivitas ganda)** adalah kegiatan yang terjadi jika antara aktivitas operasi dan pemeriksaan dilakukan bersamaan pada suatu tempat kerja.

Proses produksi garam di PT. XY pada Tabel 2.4 meliputi penggilingan bahan baku, dilanjutkan dengan proses pencucian, penirisan, yodisasi (pemberian yodium), pengeringan, pengayakan dan proses yang terakhir adalah pengemasan. Pada proses pengayakan merupakan proses untuk pengambilan sampel yang kemudian diukur variabel kalium iodat (KIO_3 *part per million*) dan lolos mesh no. 16 (%). Waktu proses yang dibutuhkan pada unit produksi keempat (unit produksi keempat digunakan dalam penelitian) adalah 30 menit dan setiap harinya menghasilkan ± 400 ton garam jadi. Ketika terdapat ukuran yang tidak sesuai spesifikasi dari keempat variabel maka dilakukan proses ulang yakni pada proses penggilingan.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Cara Pengambilan Sampel

Data yang digunakan pada tugas akhir ini adalah data sekunder dari laporan pengendalian mutu internal pada unit produksi IV. Pengambilan data dilakukan secara harian, dalam sehari terdapat 3 shift (pagi, siang dan malam) dan pada tiap shift terdapat 3 pengukuran sehingga dalam sehari terdapat 9 pengukuran. Pengukuran tersebut pada pukul 01.00, 04.00, 07.00, 10.00, 12.00, 15.00, 17.00, 20.00 dan 23.00 WIB dan tetap untuk setiap hari kerja (hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat dan Sabtu). Pengamatan yang dilakukan pada November-Desember 2014 ($m=63$ subgroup, 1 subgroup ada 3 pengukuran) sebagai pengamatan tahap I dan pengamatan pada Februari-Maret 2015 ($m=66$ subgroup, 1 subgroup ada 3 pengukuran) sebagai pengamatan tahap II. Banyaknya sampel yang digunakan pada variabel kalium iodat adalah 25 gram dan variabel lolos mesh sebanyak 100 gram dari total hasil produksi sebanyak ± 8.34 ton garam perjam. Adapun organisasi data pada penelitian ini pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian

Shift (k)	Jam Pengambilan Sampel (i)	Variabel kualitas (j)	
		1	2
1	1	X_{111}	X_{121}
	2	X_{211}	X_{221}
	3	X_{311}	X_{321}
2	1	X_{112}	X_{122}
	2	X_{212}	X_{222}
	3	X_{312}	X_{322}
:	:	:	:
m	1	X_{11m}	X_{12m}
	2	X_{21m}	X_{22m}
	3	X_{31m}	X_{32m}

Keterangan:

- i) Subgroup (k): shift (varians antar shift berbeda signifikan disebabkan oleh operator yang berbeda setiap shiftnya).

- ii) Anggota subgroup (*i*): pengukuran setiap ± 2.5 jam (karena setiap ± 2.5 jam sekali dalam setiap shift variansnya kecil).
- iii) Karakteristik kualitas (*j*): kalium iodat dan lolos mesh.

3.2 Variabel Penelitian

Proses produksi pada perusahaan garam di PT. XY adalah bahan baku berupa garam grosok yang dibeli dari petani garam. Berikut pengertian dari variabel yang akan digunakan sebagai penelitian, dimana secara kimiawi menurut Manager *Quality Control*, kalium iodat dan lolos mesh ada hubungan yakni setiap ukuran garam kecil (lolos mesh: $>95\%$) maka kadar kalium iodat tinggi sehingga variabel yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut.

1. Kalium iodat (X_1) adalah bentuk senyawa iodium (KIO_3) yang ditambahkan ke dalam garam pada proses iodisasi. Batas spesifikasi yang digunakan adalah 30-80 ppm.
2. Lolos mesh (X_2) adalah persen berat garam yang lolos melalui ukuran mess (mess dilambangkan dengan #) tertentu, mess yang digunakan perusahaan adalah mess #16 artinya bentuk mess ini seperti ayakan kawat yang memiliki 16 lubang disetiap inch persegi. Batas spesifikasi yang digunakan adalah 95-100%.

Variabel penelitian yang digunakan adalah data laporan pengendalian mutu internal sebagai berikut.

Tabel 3.2 Variabel Penelitian

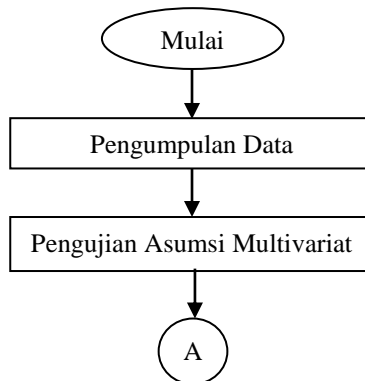
Simbol	Variabel	Satuan	Batas Spesifikasi
X_1	Kalium Iodat	ppm (<i>Part Per Million</i>)	30-80
X_2	Lolos Mesh	%	95-100

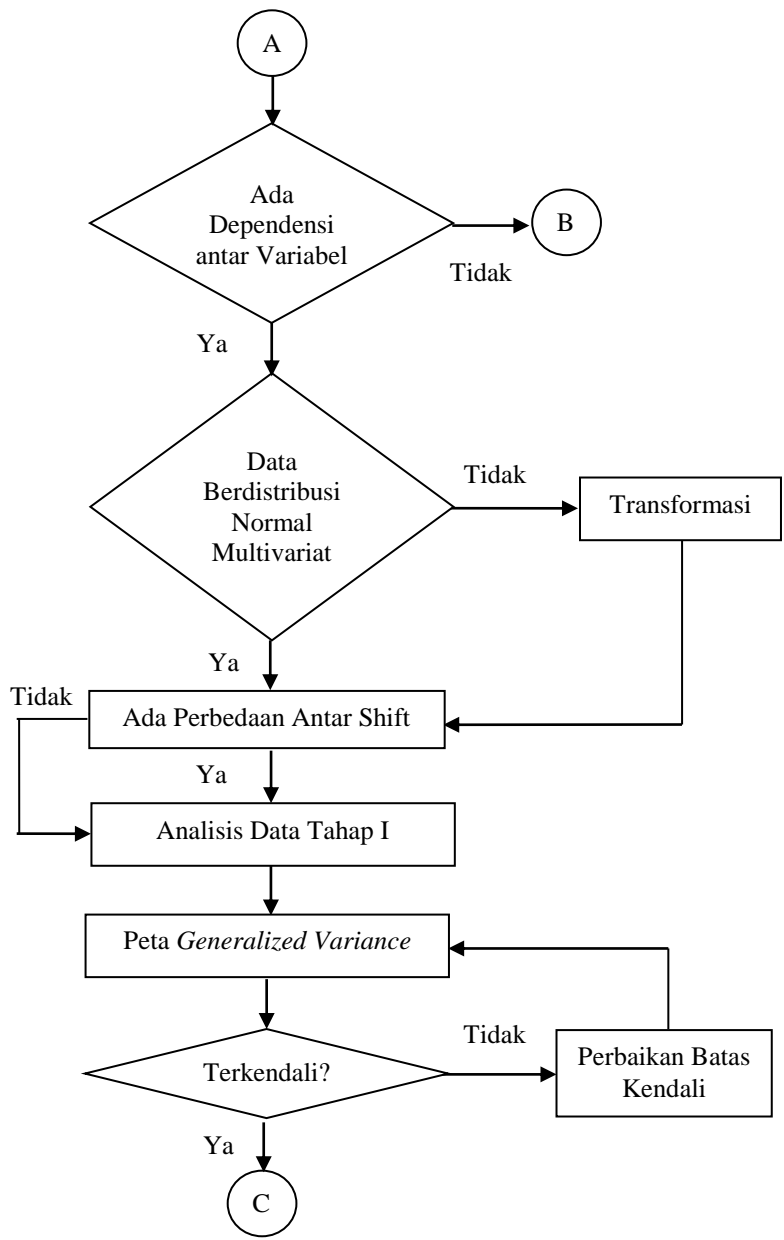
3.3 Langkah Analisis

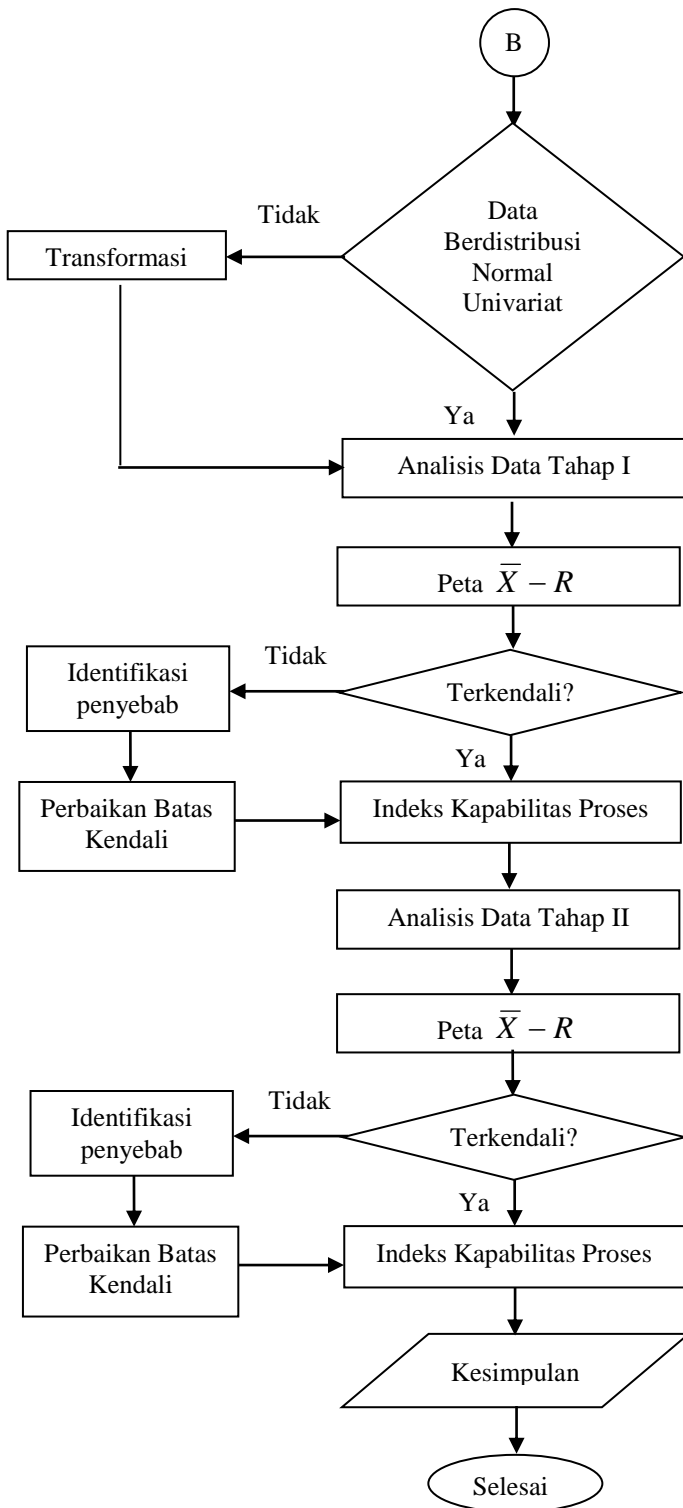
Langkah analisis dalam penelitian ini adalah mengikuti tujuan penelitian.

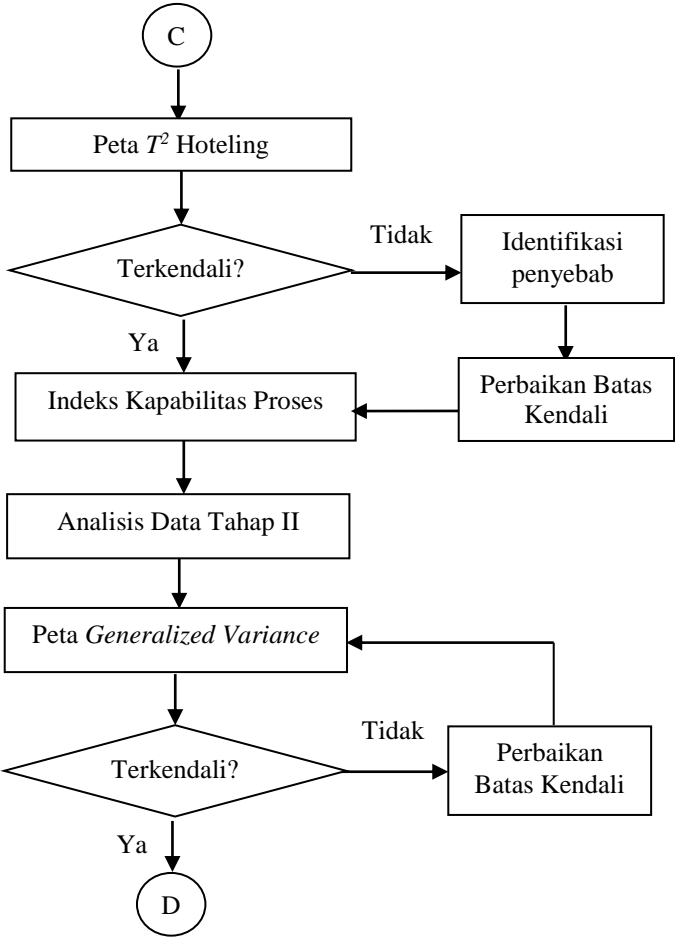
1. Untuk memenuhi tujuan penelitian yang pertama yakni mengetahui pergeseran proses antar shift pada tahap I dan tahap II, serta pergeseran proses antara tahap I dan tahap II, maka langkah analisisnya sebagai berikut.
 - Menguji dependensi (pengujian hubungan antar variabel),
 - Menguji distribusi normal multivariat,

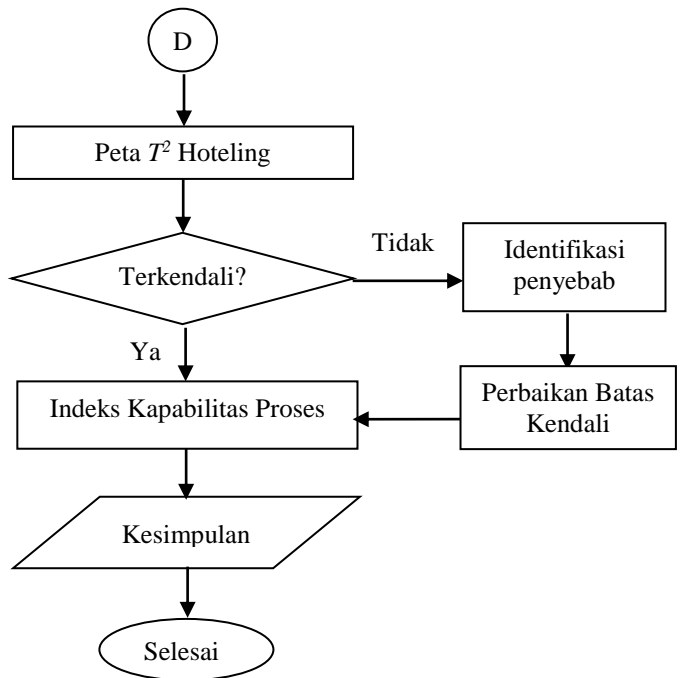
- Menguji pergeseran pada antar shift (untuk menentukan ukuran subgroup) dan antar tahap dengan metode MANOVA.
2. Untuk memenuhi tujuan penelitian yang kedua yakni menganalisis kualitas proses pembuatan garam beryodium di PT. XY pada tahap I dan tahap II, maka langkah analisisnya adalah.
- Membuat peta kendali pada tahap I, peta kendali *Generalized Variance* untuk melihat variabilitas dan T^2 Hotelling untuk melihat *mean* dari proses produksi apakah terkendali secara statistik atau belum.
 - Jika belum terkendali secara statistik, maka dilakukan identifikasi penyebab *out of control* dengan menggunakan diagram Ishikawa.
 - Selanjutnya, peta kendali T^2 Hotelling pada tahap II dapat dilakukan seperti tahapan pada tahap I
3. Setelah data terkendali secara statistik dan memenuhi batas kendali pada tahap I dan tahap II, langkah selanjutnya adalah menentukan indeks kapabilitas proses pada pembuatan garam beryodium di PT. XY.
- Adapaun, langkah penelitian di atas dapat dilihat pada diagram alir berikut ini (Gambar 3.1).











Gambar 3.1 Diagram Alir

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai deskripsi data, pengujian pergeseran proses, pengujian asumsi: independensi dan normal multivariat, selanjutnya melakukan pengendalian kualitas serta menentukan indeks kapabilitas proses dari data pembuatan garam di PT. XY (variabel kalium iodat dan produksi garam lolos mesh) yang terbagi menjadi tahap I dan tahap II.

4.1 Deskripsi Variabel Produksi Garam

Deskripsi data produksi garam beryodium PT. XY pada tahap I dan tahap II sebagai berikut.

Tabel 4.1 Deskripsi Variabel Produksi Garam

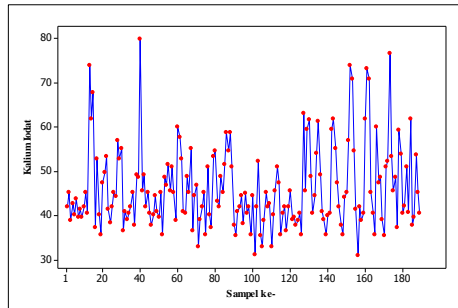
Variabel	Mean	Var	Min	Maks	Batas Spesifikasi
Kalium Iodat (ppm) Tahap I	46.01	84.834	31	79.8	30-80 ppm
Kalium Iodat (ppm) Tahap II	48.82	180.23	30.16	98.82	
Lolos Mesh (%) Tahap I	99.28	0.485	94.14	99.94	95-100%
Lolos Mesh (%) Tahap II	98.68	0.186	97.79	99.89	

Dari Tabel 4.1 diketahui bahwa dari variabel kalium, *mean* (rata-rata) terbesar yakni 48.82 ppm (tahap II), varians terbesar yakni 180.232 (tahap II), pengamatan minimum terkecil adalah 30.16 ppm (tahap II) dan nilai maksimum terbesar yakni 98.82 ppm (tahap II). Dari variabel lolos mesh, rata-rata terbesar yakni 99.286% (tahap I), varians terbesar yakni 0.485 (tahap I), pengamatan minimum terkecil adalah 94.14% (tahap I) dan nilai maksimum terbesar yakni 99.94% (tahap I). Jika terdapat pengamatan yang di bawah batas spesifikasi bawah atau di atas batas spesifikasi atas, maka dilakukan proses pengolahan dari awal yakni pada proses penggilingan yang sesuai pada Tabel 2.4.

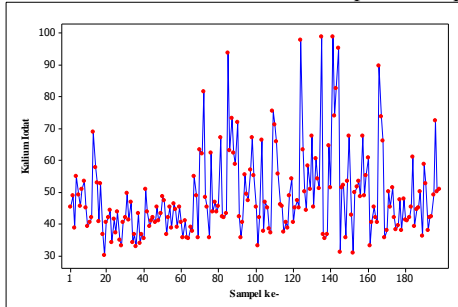
Untuk melengkapi informasi terkait waktu, kapan terjadinya proses minimum dan maksimum adalah dengan menggunakan plot data berikut.

4.1.1 Plot Data Kalium Iodat Produksi Garam

Statistika deskriptif dengan menggunakan plot data kalium iodat dari produksi garam PT. XY pada tahap I dan tahap II sebagai berikut.



Gambar 4.1 Plot Data Kalium Iodat pada Tahap I



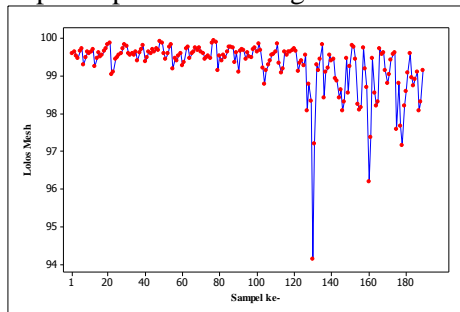
Gambar 4.2 Plot Data Kalium Iodat pada Tahap II

Plot data kalium iodat pada tahap I dapat diketahui pada Gambar 4.1 dimana kalium iodat tertinggi sebesar 79.8 ppm yang terjadi pada pengamatan pukul 07.00 WIB tanggal 14 November 2014, sedangkan untuk kalium iodat terendah sebesar 31 ppm yang terjadi pada pukul 04.00 WIB tanggal 12 Desember 2014. Selama periode November-Desember 2014, proses produksi garam beryodium PT. XY pada kalium iodat masih berada di dalam batas spesifikasi atas (80 ppm) dan batas spesifikasi bawah

(30 ppm) yang ditetapkan oleh perusahaan. Sedangkan plot data kalium iodat pada tahap II dapat diketahui pada Gambar 4.2 dimana kalium iodat tertinggi sebesar 98.82 ppm yang terjadi pada pengamatan pukul 21.00 WIB tanggal 10 Maret 2015, sedangkan untuk kalium iodat terendah sebesar 30.16 ppm yang terjadi pada pukul 23.00 WIB tanggal 5 Februari 2015. Selama pengamatan bulan Februari-Maret 2015, proses produksi garam beryodium PT. XY pada kalium iodat terdapat hasil proses yang keluar batas spesifikasi atas (80 ppm) dan tidak ada hasil proses yang keluar dari batas spesifikasi bawah (30 ppm) yang ditetapkan oleh perusahaan.

4.1.2 Plot Data Lolos Mesh Produksi Garam

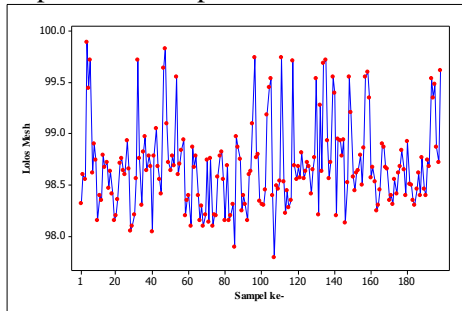
Statistika deskriptif dengan menggunakan plot data produksi garam lolos mesh dari produksi garam PT. XY pada tahap I dan tahap II dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4.3 Plot Data Lolos Mesh pada Tahap I

Plot data produksi garam yang lolos mesh pada tahap I dapat diketahui pada Gambar 4.3 dimana produksi garam yang lolos mesh tertinggi sebesar 99.94% yang terjadi pada pengamatan pukul 10.30 WIB tanggal 26 November 2014, sedangkan untuk lolos mesh terendah sebesar 94.14% yang terjadi pada pukul 08.00 WIB tanggal 9 Desember 2014. Selama periode November-Desember 2014, proses produksi garam beryodium PT. XY pada produksi garam yang lolos mesh masih berada di dalam batas spesifikasi atas (100%) dan ada produksi yang keluar dari batas spesifikasi bawah (95%) dari yang ditetapkan oleh

perusahaan. Sedangkan plot data produksi garam yang lolos mesh pada tahap II dapat diketahui pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Plot Data Lolos Mesh pada Tahap II

Plot data pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa produksi garam yang lolos mesh tertinggi sebesar 99.89% yang terjadi pada pengamatan pukul 09.00 WIB tanggal 3 Februari 2015, sedangkan untuk lolos mesh terendah sebesar 97.79% yang terjadi pada pukul 17.00 WIB tanggal 27 Februari 2015. Selama pengamatan bulan Februari-Maret 2015, proses produksi garam beryodium PT. XY pada produksi garam yang lolos mesh masih berada di dalam batas spesifikasi atas (100%) dan batas spesifikasi bawah (95%) dari yang ditetapkan oleh perusahaan.

4.2 Pengujian Dependensi Data Produksi Garam

Pengujian dependensi digunakan untuk mengetahui apakah antar variabel kalium iodat dan lolos mesh memiliki hubungan (korelasi). Berikut adalah pengujian dependensi dari data pembuatan garam PT. XY pada tahap I dan tahap II dengan hipotesis berikut.

a. Hipotesis pada Tahap I

$H_0: \rho = I$ (Tidak ada hubungan antar variabel kalium iodat dan lolos mesh pada tahap I)

$H_1: \rho \neq I$ (Ada hubungan antar variabel kalium iodat dan lolos mesh pada tahap I)

b. Hipotesis pada Tahap II

$H_0: \rho = I$ (Tidak ada hubungan antar variabel kalium iodat dan lolos mesh pada tahap II)

$H_1: \rho \neq I$ (Ada hubungan antar variabel kalium iodat dan lolos mesh pada tahap II)

Dengan menggunakan Persamaan 2.1, dimana taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha=5\%$ dan daerah kritis yakni H_0 ditolak jika $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha; 1/2 p(p-1)}$ atau $Chi-Square_{hitung} > Chi-Square_{tabel}$. Hasil yang didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.2 Pengujian Dependensi Data Produksi Garam Beryodium

Tahap	<i>Chi-Square</i> hitung	Df	<i>Chi-Square</i> tabel
I	7.459	1	3.841
II	5.478	1	3.841

Pada Tabel 4.2 diketahui bahwa pada tahap I, nilai $Chi-Square_{hitung}$ sebesar 7.459 dan nilai $Chi-Square_{tabel}$ sebesar 3.841. Pada tahap II, nilai $Chi-Square_{hitung}$ sebesar 5.478 dan nilai $Chi-Square_{tabel}$ sebesar 3.841. Maka, keputusan yang diambil pada tahap I adalah H_0 ditolak karena $Chi-Square_{hitung}(7.459) > Chi-Square_{tabel}(3.841)$ sehingga ada hubungan antar variabel kalium iodat dan lolos mesh pada proses produksi garam beryodium tahap I. Pada tahap II, keputusan yang diambil adalah H_0 ditolak karena $Chi-Square_{hitung}(5.478) > Chi-Square_{tabel}(3.841)$, sehingga ada hubungan antar variabel kadar air, kalium iodat dan lolos mesh pada tahap II.

4.3 Pengujian Distribusi Normal Multivariat Data Produksi Garam

Setelah diketahui bahwa terdapat hubungan antar variabel dari data pembuatan garam PT. XY tahap I dan tahap II, selanjutnya dilakukan pengujian distribusi normal multivariat untuk mengetahui apakah data produksi garam PT. XY tahap I dan tahap II telah berdistribusi normal multivariat. Berikut hipotesisnya.

- a. Hipotesis pada Tahap I
 H_0 : Data tahap I berdistribusi normal multivariat
 H_1 : Data tahap I tidak berdistribusi normal multivariat
- b. Hipotesis pada Tahap II
 H_0 : Data tahap II berdistribusi normal multivariat
 H_1 : Data tahap II tidak berdistribusi normal multivariat

Dengan menggunakan perhitungan pada Persamaan 2.8 dimana taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha=5\%$, $df=2$ dan daerah kritis yakni H_0 ditolak jika $t < 50\%$ dimana t merupakan nilai proporsi dari $d_{jk}^2 < \chi_{\alpha,df}^2$. Hasil yang didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.3 Pengujian Distribusi Normal Multivariat Produksi Garam

Tahap	t
I	0.7089
II	0.621

Dari Tabel 4.3 diketahui pada tahap I, nilai t sebesar 0.7089 yakni 70.89% nilai $d_{jk}^2 < \chi_{0.05;2}^2 (5.991)$ (nilai d_{jk}^2 terdapat pada Lampiran 5). Pada tahap II, nilai t sebesar 0.621 yakni 62.1% nilai $d_{jk}^2 < \chi_{0.05;2}^2 (5.991)$ (nilai d_{jk}^2 terdapat pada Lampiran 6). Keputusan yang diambil pada tahap I adalah H_0 gagal ditolak karena $t(70.89\%) > 50\%$ sehingga data pengamatan kalium iodat dan lolos mesh pada proses produksi garam beryodium tahap I telah memenuhi distribusi normal multivariat. Pada tahap II, keputusan yang diambil adalah H_0 gagal ditolak karena $t(62.1\%) > 50\%$ sehingga data pengamatan kalium iodat dan lolos mesh pada proses produksi garam beryodium tahap II telah memenuhi distribusi normal multivariat.

4.4 Pengujian Pergeseran Proses Produksi Garam

Langkah awal sebelum menentukan indeks kapabilitas dari produksi garam beryodium PT. XY adalah menentukan subgroup. Ukuran subgroup yang digunakan adalah shift (pagi, sore dan malam). Dengan menggunakan Wilk's lambda pada multivariat analisis varians (MANOVA), maka akan dianalisis mengenai.

- a. Pengujian pergeseran antar shift pada tahap I dan tahap II
- b. Pengujian pergeseran antar tahap

4.4.1 Pengujian Pergeseran Antar Shift pada Tahap I dan Tahap II

Hipotesis dalam pengujian pergeseran antar shift pada tahap I dan tahap II sebagai berikut.

- a. Hipotesis pada Tahap I
 - $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$ (tidak ada pergeseran antar shift pada proses produksi garam beryodium tahap I)
 - $H_1: \tau_k \neq 0; k=1,2,3$ (ada pergeseran antar shift pada proses produksi garam beryodium tahap I)
- b. Hipotesis pada Tahap II
 - $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$ (tidak ada pergeseran antar shift pada proses produksi garam beryodium tahap II)
 - $H_1: \tau_k \neq 0; k=1,2,3$ (ada pergeseran proses antar shift pada produksi garam beryodium tahap II)

Dengan mengacu pada Tabel 2.3 dimana taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha=5\%$, jumlah variabel ($p=2$) sebanyak 2, jumlah subgroup ($k \geq 2$) sebanyak 3, dan daerah kritis yakni H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hasil yang didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.4 Pengujian Pergeseran Antar Shift

Pergeseran Shift	Wilks' Lambda	F_{hitung}	$Df_1; Df_2$	F_{tabel}
Tahap I	0.986	0.611	4;370	2.39607
Tahap II	0.857	7.97	4;388	2.39494

Dari Tabel 4.4, pada tahap I diketahui nilai $F_{hitung}(0.611)$ yang lebih kecil daripada $F_{tabel}(2.39607)$ dan pada tahap I diketahui nilai $F_{hitung}(7.97)$ yang lebih besar daripada $F_{tabel}(2.39494)$. Maka, keputusan yang diambil pada tahap I adalah H_0 gagal ditolak karena $F_{hitung}(0.611) < F_{tabel}(2.39607)$ sehingga tidak ada pergeseran antar shift pada proses produksi garam beryodium tahap I, namun, berdasarkan informasi dari perusahaan

bahwa setiap shift pengamatan yang dihasilkan memiliki perbedaan (pergeseran) yang signifikan sehingga pada tahap I, ukuran subgroup yang digunakan adalah shift.

Keputusan pada tahap II yakni H_0 ditolak karena $F_{hitung}(7.97) > F_{tabel}(2.39494)$ sehingga ada pengaruh shift terhadap variabel kalium iodat dan lolos mesh pada tahap II. Adapun yang digunakan untuk ukuran subgroup adalah shift.

4.4.2 Pengujian Pergeseran Antar Tahap

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah ada pergeseran proses produksi antar tahap pada 2 variabel. Hipotesis yang digunakan sebagai berikut.

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = 0$ (tidak ada pergeseran proses produksi dari tahap I ke tahap II)

$H_1: \tau_k \neq 0; k=1,2$ (ada pergeseran proses produksi dari tahap I ke tahap II)

Dengan mengacu pada Tabel 2.3 dimana taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha=5\%$, jumlah variabel ($p \geq 2$) sebanyak 2, jumlah subgroup ($k \geq 1$) sebanyak 2, dan daerah kritis yakni H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hasil yang didapatkan adalah nilai Wilks Lambda sebesar 0.779, F_{hitung} sebesar 54.604, F_{tabel} ($Df_1=2; Df_2=772$) sebesar 3.01923. Maka, keputusan yang diambil adalah H_0 ditolak karena $F_{hitung}(54.604) > F_{tabel}(3.01923)$ sehingga terdapat pergeseran proses produksi pada 2 variabel dari tahap I ke tahap II.

4.5 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Garam Tahap I

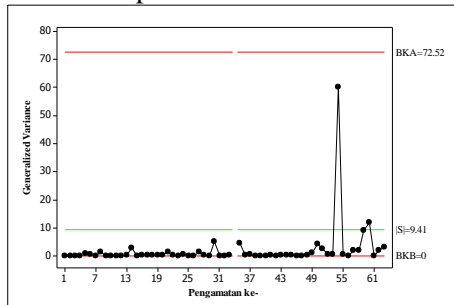
Analisis pada tahap I digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi pada tahap I (bulan November-Desember 2014) telah kapabel, yakni telah memenuhi batas spesifikasi dan terkendali secara statistik. Berikut analisis yang dilakukan pada tahap I.

4.5.1 Pengendalian Kualitas Proses Produksi Garam Tahap I

Pengendalian kualitas dari data proses produksi garam beryodium PT. XY pada tahap I sebagai berikut.

A. Peta Kendali Generalized Variance Tahap I

Setelah diketahui bahwa terdapat pengaruh antar shift yang nantinya shift tersebut yang dijadikan sebagai ukuran subgroup dalam membuat peta kendali. Berikut merupakan peta kendali *Generalized Variance* yang dapat menggambarkan variabilitas produksi garam PT. XY pada bulan November-Desember 2014.



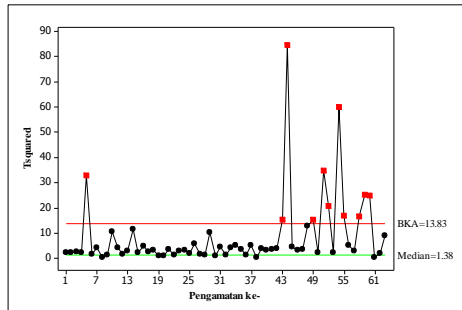
Gambar 4.5 Peta Kendali *Generalized Variance* Tahap I

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa monitoring terhadap variabilitas proses produksi garam beryodium pada tahap I sudah terkontrol secara statistik dalam variabilitas, yakni dengan batas kendali atas sebesar 72.52, garis tengah sebesar 9.41 serta batas kendali bawah sebesar 0 dengan jumlah pengamatan yang digunakan sebanyak 189 pengamatan (63 subgroup).

B. Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I

Pada peta kendali T^2 Hotelling digunakan untuk mengetahui bagaimana proses produksi pada tahap I telah terkontrol dalam *mean*. Peta kendali yang terbentuk dari proses produksi garam PT. XY pada bulan November-Desember 2014 adalah pada Gambar 4.6.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa monitoring dari proses produksi garam beryodium pada tahap I ($\alpha=0.0027$ sama dengan 3σ) tidak terkontrol dalam *mean*. Hal ini ditunjukkan dengan pengamatan pada subgroup yang keluar dari batas kontrol (*out of control*) pada Tabel 4.5.



Gambar 4.6 Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa pada proses produksi bulan November-Desember 2014 terjadi proses *out of control* sejumlah 5 kali shift malam, 3 kali shift pagi dan 3 kali shift sore dengan BKA sebesar 13.83, GT 1.38 dan BKB sebesar 0.

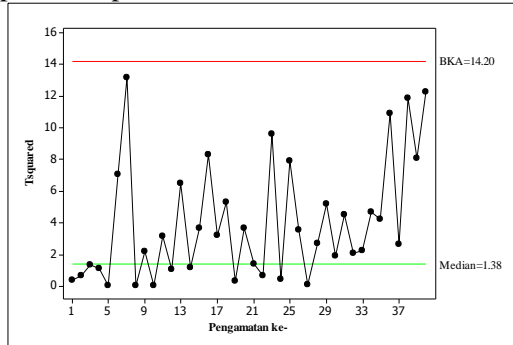
Tabel 4.5 Data *out of control* T^2 Hotelling Tahap I

Sub Group	Variabel	P-value	Waktu Pengamatan
5	Kalium Iodat	0	Shift pagi, 7 November 2014
43	Kalium Iodat	0.0473	Shift malam, 9 Desember 2014
	Lolos Mesh	0.0031	
44	Lolos Mesh	0	Shift pagi, 9 Desember 2014
49	Lolos Mesh	0.0002	Shift malam, 11 Desember 2014
51	Kalium Iodat	0	Shift sore, 11 Desember 2014
	Lolos Mesh	0.015	
52	Lolos Mesh	0	Shift malam, 12 Desember 2014
54	Kalium Iodat	0	Shift sore, 12 Desember 2014
	Lolos Mesh	0	
55	Kalium Iodat	0.0432	Shift malam, 19 Desember 2014
	Lolos Mesh	0.0002	
58	Kalium Iodat	0.0001	Shift malam, 23 Desember 2014
59	Lolos Mesh	0	Shift pagi, 23 Desember 2014
60	Lolos Mesh	0	Shift sore, 23 Desember 2014

Berdasarkan informasi dari perusahaan, penyebab terjadinya hal tersebut terangkum dalam Ishikawa (Gambar 4.8) sehingga ke-11 subgroup yang *out of control* tersebut dikeluarkan (karena diketahui penyebabnya) kemudian dibuat peta kendali T^2

Hotelling dengan iterasi pertama. Apabila pada iterasi pertama belum terkendali maka dilanjutkan ke iterasi kedua dan seterusnya hingga terkendali pada iterasi tertentu.

Peta kendali T^2 Hotelling tahap I, terjadi empat kali iterasi (Lampiran 10), sehingga iterasi keempat yang merupakan proses terkendali pada tahap I adalah berikut.



Gambar 4.7 Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I
(Terkendali pada Iterasi Keempat)

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa monitoring dari proses produksi garam beryodium pada tahap I iterasi keempat sudah terkontrol dalam *mean*. Sehingga pada peta kendali T^2 Hotelling tahap I, proses terkendali dengan empat iterasi dengan jumlah subgroup yang terkontrol sebanyak 40 shift (120 pengamatan), batas kendali atas sebesar 14.2, batas kendali atas sebesar 0 dan median sebesar 1.38.

Penyebab (Ishikawa) terjadinya variabel lolos mesh dan kalium iodat yang *out of control* adalah berikut (Gambar 4.8).

- Mesin: usia mesin sudah tua dan perbaikan mesin yang dilakukan tidak rutin,
- Material: bahan baku kurang baik dan kadar air bahan baku tinggi,
- Lingkungan: kebisingan mesin dan lampu kurang terang,
- Pengukuran: kurang ketelitian dan alat ukur kurang sesuai,
- Manusia: kelelahan operator dan pergantian shift membuat pekerja kurang fokus,
- Metode: metode pengambilan sampel kurang tepat.

4.5.2 Indeks Kapabilitas Proses Produksi Garam Tahap I

Setelah diketahui bahwa pada tahap I, proses terkendali dengan 120 pengamatan dengan indeks kapabilitas proses (C_p) yang terbentuk sebesar 13.169 dengan nilai *Chi-Square* sebesar 11.829. Nilai C_p yang lebih besar dari 1 memiliki arti yakni pada tahap I hasil proses produksi yang dilakukan telah kapabel (presisi tinggi). Untuk melihat perbandingan nilai C_p secara univariat (pervariabel) terdapat di Lampiran 11, dimana, nilai C_p variabel kalium iodat sebesar 0.1 dan nilai C_p variabel lolos mesh sebesar 1.72.

4.6 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Garam Tahap II

Analisis pada tahap II digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi pada tahap II (bulan Februari-Maret 2015) telah kapabel, yakni telah memenuhi batas spesifikasi dan terkendali secara statistik. Berikut analisis yang dilakukan pada tahap II.

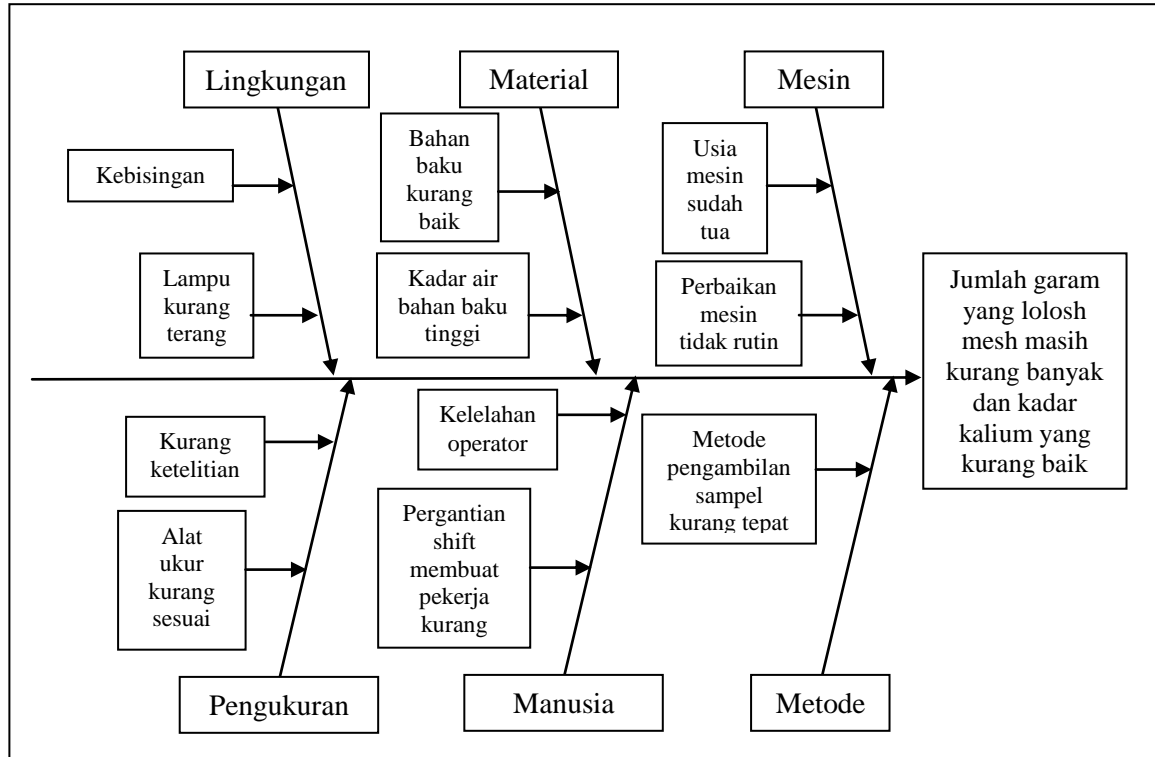
4.6.1 Pengendalian Kualitas Proses Produksi Garam Tahap I

Pengendalian kualitas dari data proses produksi garam beryodium PT. XY pada tahap II sebagai berikut

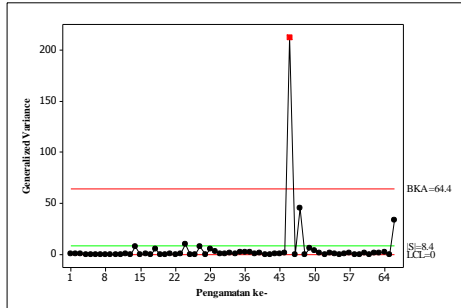
A. Peta Kendali *Generalized Variance* Tahap II

Pengujian MANOVA tahap II diketahui terdapat pengaruh antar shift yang nantinya shift tersebut yang dijadikan sebagai ukuran subgroup dalam membuat peta kendali. Peta kendali *Generalized Variance* tahap II digunakan untuk menggambarkan variabilitas produksi garam PT. XY pada bulan Februari-Maret 2015 yang terdapat pada Gambar 4.9.

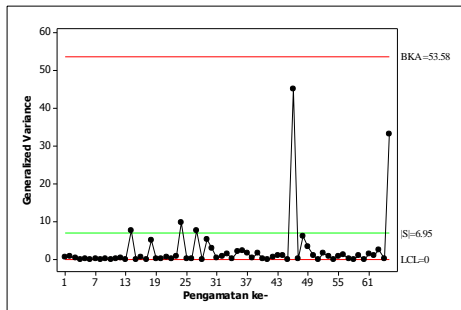
Pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa monitoring terhadap variabilitas proses produksi garam beryodium tidak terkontrol secara statistik dalam variabilitas (penyebabnya terdapat pada Gambar 4.8) yang terlihat dari pengamatan *out of control* yakni pada subgroup ke-45 yakni pada shift sore tanggal 10 Maret 2015. Sehingga, 1 subgroup yang *out of control* dihilangkan untuk dilanjutkan pada peta kendali *Generalized Variance* dengan iterasi pertama (Gambar 4.10).



Gambar 4.8 Ishikawa



Gambar 4.9 Peta Kendali *Generalized Variance* Tahap II

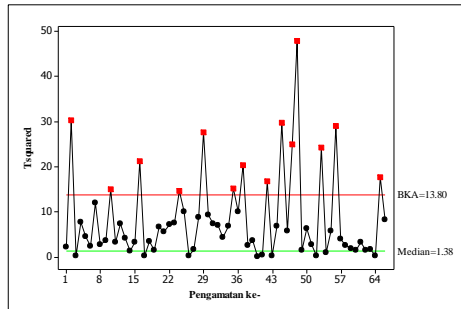


Gambar 4.10 Peta Kendali *Generalized Variance* Tahap II Iterasi Pertama

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi garam beryodium pada tahap II sudah terkontrol secara statistik dalam variabilitas dengan jumlah subgroup yang digunakan sebanyak 65 shift, yakni dengan batas kendali atas sebesar 53.58, garis tengah sebesar 6.95 serta batas kendali bawah sebesar 0 dengan jumlah pengamatan yang digunakan sebanyak 189 pengamatan.

B. Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap II

Pada peta kendali T^2 Hotelling digunakan untuk mengetahui bagaimana proses produksi pada tahap II telah terkendali dalam *mean*. Berikut peta kendali yang terbentuk dari proses produksi garam PT. XY pada bulan Februari-Maret 2015.



Gambar 4.11 Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap II

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa monitoring dari proses produksi garam beryodium pada tahap II ($\alpha=0.0027$ sama dengan 3σ) tidak terkontrol dalam *mean*. Hal ini ditunjukkan dengan pengamatan pada subgroup yang keluar dari batas kontrol (*out of control*) berikut.

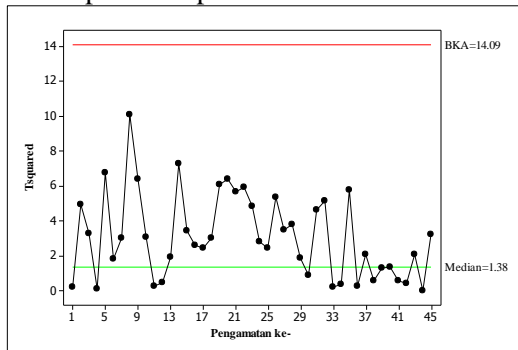
Tabel 4.6 Data *out of control* T^2 Hotelling Tahap II

Sub Group	Variabel	P-value	Waktu Pengamatan
2	Lolos Mesh	0	Shift pagi, 3 Februari 2015
10	Kalium Iodat	0.0203	Shift malam, 6 Februari 2015
	Lolos Mesh	0.001	
16	Lolos Mesh	0	Shift malam, 12 Februari 2015
24	Kalium Iodat	0.0002	Shift sore, 17 Februari 2015
29	Kalium Iodat	0	Shift pagi, 25 Februari 2015
35	Lolos Mesh	0.0001	Shift pagi, 27 Februari 2015
37	Kalium Iodat	0	Shift malam, 3 Maret 2015
42	Kalium Iodat	0.0001	Shift sore, 5 Maret 2015
45	Kalium Iodat	0.0001	Shift sore, 10 Maret 2015
	Lolos Mesh	0.0001	
47	Kalium Iodat	0	Shift pagi, 11 Maret 2015
	Lolos Mesh	0.0121	
48	Kalium Iodat	0	Shift sore, 11 Maret 2015
53	Kalium Iodat	0.0317	Shift pagi, 13 Maret 2015
	Lolos Mesh	0	
56	Kalium Iodat	0	Shift pagi, 17 Maret 2015
65	Lolos Mesh	0.0001	Shift pagi, 31 Maret 2015

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa pada proses produksi dari bulan Februari-Maret 2015 terjadi proses *out of control* sejumlah

3 kali shift malam, 7 kali shift pagi dan 4 kali shift sore. Berdasarkan informasi dari perusahaan, penyebab terjadinya hal tersebut terangkum dalam Ishikawa (Gambar 4.8) sehingga ke-13 subgroup yang *out of control* tersebut dikeluarkan (karena diketahui penyebabnya) kemudian dibuat peta kendali T^2 Hotelling dengan iterasi pertama. Apabila pada iterasi pertama belum terkendali maka dilanjutkan ke iterasi kedua dan seterusnya hingga terkendali pada iterasi tertentu.

Pada peta kendali T^2 Hotelling tahap II, terjadi tiga kali iterasi (Lampiran 12), sehingga iterasi ketiga yang merupakan proses terkendali pada tahap II adalah berikut.



Gambar 4.12 Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap II
(Terkendali pada Iterasi Ketiga)

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa monitoring dari proses produksi garam beryodium pada tahap III iterasi ketiga sudah terkontrol dalam *mean*. Sehingga pada peta kendali T^2 Hotelling tahap II, proses terkendali dengan tiga iterasi dengan jumlah subgroup yang terkontrol sebanyak 45 shift, dengan batas kendali atas sebesar 14.09, batas kendali atas sebesar 0 dan median sebesar 1.38.

4.6.2 Indeks Kapabilitas Proses Produksi Garam Tahap II

Pada tahap II, proses terkendali dengan 135 pengamatan dan hasil indeks kapabilitas proses (C_p) sebesar 5.59 dengan nilai *Chi-Square* sebesar 11.829. Nilai C_p yang lebih besar dari 1 memiliki arti yakni pada tahap II hasil proses produksi yang dilakukan telah kapabel (presisi tinggi). Untuk melihat perbandingan nilai C_p secara univariat (pervariabel) terdapat di

Lampiran 13, dimana, nilai C_p variabel kalium iodat sebesar 17.18 dan nilai C_p variabel lolos mesh sebesar 4.48.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari analisis kapabilitas Proses Produksi Garam Beryodium di PT. XY adalah berikut.

1. Pada pengujian pergeseran proses, dihasilkan sebagai berikut.
 - a. Tidak ada perbedaan antar shift pada proses produksi garam beryodium tahap I (November-Desember 2014) tetapi pada tahap II (Februari-Maret 2015) terdapat perbedaan antar shift. Nilai tertinggi pada variabel kalium iodat pada tahap II dan lolos mesh adalah pada tahap I,
 - b. Ada pergeseran proses produksi dari tahap I ke tahap II. Variabel kalium iodat dari tahap I ke tahap II mengalami peningkatan, sedangkan pada variabel lolos mesh dari tahap I ke tahap II mengalami penurunan,
2. Pada tahap I, pengendalian kualitas *Generalized Variance* menghasilkan proses terkendali dan pada peta kendali T^2 Hotelling, proses terkendali pada iterasi keempat. Pada tahap II, pengendalian kualitas *Generalized Variance* menghasilkan proses terkendali pada iterasi pertama dan pada peta kendali T^2 Hotelling, proses terkendali dengan tiga iterasi.
3. Pada tahap I indeks kapabilitas proses (C_p) yang terbentuk sebesar 13.169 yang artinya proses telah kapabel dan pada tahap II, indeks kapabilitas proses (C_p) yang terbentuk sebesar 5.59 yang artinya proses telah kapabel.

5.2 Saran

Dari kesimpulan diketahui bahwa C_p pada tahap I dan tahap II adalah kapabel artinya proses produksi pada tahap tersebut telah sesuai batas spesifikasi dan telah terkendali secara statistik. Dengan melihat Gambar 4.7 dapat dijadikan sumber informasi untuk perbaikan agar proses selanjutnya dapat terkontrol secara statistik, yakni:

- a. Mesin: memperbaiki mesin secara rutin serta mengganti mesin-mesin yang telah habis masa pakainya,
- b. Material: mencari bahan baku yang baik, dengan kadar air yang rendah,

- c. Lingkungan: menciptakan suasana kerja yang nyaman dan penerangan yang baik,
- d. Pengukuran: menentukan alat ukur yang tepat dan teliti,
- e. Manusia: memberikan pengarahan yang baik agar karyawan bersemangat dalam bekerja,
- f. Metode: menentukan metode pengambilan sampel yang tepat.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Proses Produksi Garam Tahap I

Bulan	Tanggal	No. Urut Shift	Shift	Jam Pengambilan Sampel (WIB)	Kalium Iodat (ppm)	Ukuran Garam (%)
Novem ber 2014	6	1	Malam	23.00	42.05	99.6
				01.00	45.29	99.65
				04.00	38.82	99.54
		2	Pagi	09.00	42.6	99.48
				11.00	40.24	99.67
				13.00	43.8	99.72
		3	Sore	14.30	39.6	99.3
				16.30	41.4	99.5
				19.30	39.6	99.65
	7	4	Malam	23.00	42.05	99.6
				01.00	45.29	99.65
				04.00	40.52	99.71
		5	Pagi	08.30	73.8	99.26
				11.00	61.8	99.47
				13.00	67.8	99.62
		6	Sore	14.30	37.2	99.51
				16.30	52.8	99.55
				19.30	40.2	99.67
	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:
	27	28	Malam	23.00	42.05	99.55
				01.00	48.82	99.5
				04.00	45.29	99.65
		29	Pagi	09.30	51.6	99.77
				10.30	58.8	99.78
				14.00	54.6	99.76
		30	Sore	14.30	58.8	99.36
				17.00	51	99.63
				19.30	37.8	99.1

Lampiran 1. Data Proses Produksi Garam Tahap I (Lanjutan)

Bulan	Tanggal	No. Urut Shift	Shift	Jam Pengambilan Sampel (WIB)	Kalium Iodat (ppm)	Ukuran Garam (%)
Desember 2014	2	31	Malam	00.30	35.4	99.67
				01.30	40.8	99.7
				05.00	42	99.68
		32	Pagi	07.00	44.4	99.45
				09.30	38.2	99.63
				13.30	45	99.51
		33	Sore	15.00	40.52	99.5
				17.00	42.05	99.7
				20.00	35.6	99.75
	3	34	Malam	00.00	44.4	99.64
				01.30	31.2	99.86
				05.00	42	99.68
		35	Pagi	07.00	52.2	99.21
				09.30	35.4	98.78
				11.30	33	99.15
		36	Sore	15.00	38.82	99.31
				17.00	45.19	99.4
				20.00	42.05	99.55
	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:
	24	61	Malam	00.00	42.12	99.09
				1.300	51.06	99.61
				05.00	40.71	98.95
		62	Pagi	07.00	61.8	98.74
				10.00	37.8	98.92
				11.30	39.6	99.11
		63	Sore	15.00	53.74	98.07
				17.00	45.29	98.31
				20.00	40.52	99.15

Lampiran 2. Data Proses Produksi Garam Tahap II

Bulan	Tanggal	No. Urut Shift	Shift	Jam Pengambilan Sampel (WIB)	Kalium Iodat (ppm)	Ukuran Garam (%)
Februari 2015	3	1	Malam	23.00	45.29	98.32
				01.00	48.82	98.6
				04.15	38.82	98.55
		2	Pagi	09.00	55.07	99.89
				10.45	49.03	99.44
				13.00	45.67	99.72
		3	Sore	15.00	51	98.62
				17.00	53.4	98.9
				19.30	45	98.74
	4	4	Malam	23.00	39.22	98.15
				01.00	40.52	98.4
				04.00	42.05	98.35
		5	Pagi	09.00	68.85	98.79
				11.00	57.76	98.67
				13.00	53.06	98.72
		6	Sore	15.00	40.8	98.47
				17.00	52.8	98.63
				20.00	36.6	98.41
	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:
	27	34	Malam	23.00	45.29	98.31
				01.00	33.18	98.3
				04.00	42.05	98.45
		35	Pagi	09.00	66.31	99.18
				11.00	37.69	99.45
				13.00	46.76	99.54
		36	Sore	14.30	45	98.4
				17.00	38.4	97.79
				20.00	37.2	98.49

Lampiran 2. Data Proses Produksi Garam Tahap II (Lanjutan)

Bulan	Tanggal	No. Urut Shift	Shift	Jam Pengambilan Sampel (WIB)	Kalium Iodat (ppm)	Ukuran Garam (%)
Maret 2015	3	37	Malam	23.30	75.42	98.46
				01.00	71.2	98.54
				05.00	65.76	99.74
		38	Pagi	07.00	55.8	98.53
				09.30	46.2	98.22
				11.00	45.6	98.44
		39	Sore	15.00	37.41	98.28
				20.00	40.52	98.35
				23.30	38.61	99.71
	5	40	Malam	23.00	48.82	98.69
				01.30	54.3	98.55
				04.00	40.52	98.68
		41	Pagi	07.00	45	98.57
				09.00	47.4	98.81
				11.00	45	98.56
		42	Sore	16.00	97.74	98.63
				18.00	63.35	98.72
				21.00	50.08	98.68
	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:
	31	64	Malam	22.30	58.85	98.4
				01.00	52.8	98.74
				04.00	37.95	98.68
		65	Pagi	08.00	42.05	99.54
				10.00	42.19	99.35
				13.00	49.22	99.48
		66	Sore	15.00	72.4	98.87
				17.00	50.08	98.72
				20.00	50.8	99.62

Lampiran 3. Pengujian Dependensi Tahap I

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.500
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	7.459
	df	1
	Sig.	.006

Lampiran 4. Pengujian Dependensi Tahap II

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.500
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	5.478
	df	1
	Sig.	.019

Lampiran 5. Macro Pengujian Distribusi Normal

```

macro
qq x.1-x.p
mconstant i n p t chis
mcolumn d x.1-x.p dd pi q ss tt
mmatrix s sinv ma mb mc md
let n=count(x.1)
cova x.1-x.p s
invert s sinv
do i=1:p
  let x.i=x.i-mean(x.i)
enddo
do i=1:n
  copy x.1-x.p ma;
  use i.
  transpose ma mb
  multiply ma sinv mc

```

Lampiran 5. Macro Pengujian Distribusi Normal (Lanjutan)

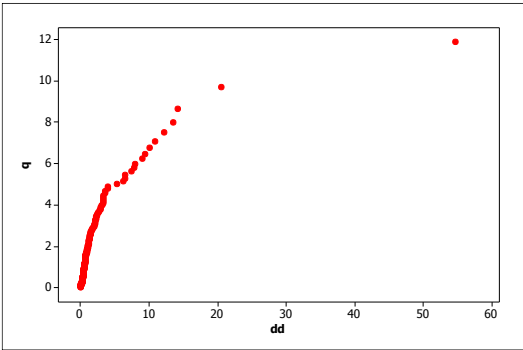
```
multiply mc mb md
copy md tt
let t=tt(1)
let d(i)=t
enddo
set pi
  1:n
end
let pi=(pi-0.5)/n
sort d dd
invcdf pi q;
chis p.
plot q*dd
invcdf 0.5 chis;
chis p.
let ss=dd<chis
let t=sum(ss)/n
print t
if t>=0.5
  note distribusi data multinormal
endif
if t<0.5
  note distribusi data bukan multinormal
endif
endmacro
```

Lampiran 6. Pengujian Distribusi Normal Multivariat Tahap I

Jarak	Nilai	Jarak	Nilai	Jarak	Nilai	Jarak	Nilai
d.1	0.3239	d.49	0.9136	d.97	0.3925	d.145	0.8633
d.2	0.2736	d.50	0.5862	d.98	0.4547	d.146	3.6343
d.3	0.6553	d.51	0.0563	d.99	1.4811	d.147	3.343
d.4	0.1808	d.52	1.331	d.100	0.2639	d.148	1.2806
d.5	0.5824	d.53	0.6879	d.101	2.8518	d.149	1.2906
d.6	0.4023	d.54	0.6942	d.102	0.4287	d.150	0.0109
d.7	0.4989	d.55	0.3683	d.103	0.4522	d.151	2.4407
d.8	0.2955	d.56	0.0775	d.104	2.2773	d.152	10.88
d.9	0.6384	d.57	0.3696	d.105	2.2307	d.153	7.8809
d.10	0.3239	d.58	0.1328	d.106	0.6246	d.154	2.6012
d.11	0.2736	d.59	0.7006	d.107	0.03	d.155	3.6356
d.12	0.6058	d.60	2.387	d.108	0.2746	d.156	6.5763
d.13	9.429	d.61	1.7144	d.109	0.2533	d.157	0.5362
d.14	3.3176	d.62	1.1588	d.110	2.0496	d.158	0.6902
d.15	6.5315	d.63	0.6912	d.111	0.9068	d.159	1.2868
d.16	0.9331	d.64	0.382	d.112	0.0091	d.160	20.5096
d.17	0.83	d.65	0.3648	d.113	0.3307	d.161	13.6086
d.18	0.5871	d.66	0.2736	d.114	0.032	d.162	7.9286
d.19	1.4555	d.67	1.7978	d.115	1.3703	d.163	1.2052
d.20	0.7316	d.68	1.1923	d.116	0.4261	d.164	3.2883
d.21	1.0501	d.69	0.4456	d.117	0.3839	d.165	4.0307
d.22	0.6777	d.70	0.3102	d.118	1.1505	d.166	3.195
d.23	0.3906	d.71	2.031	d.119	0.4287	d.167	0.2489
d.24	0.6904	d.72	0.5867	d.120	0.3946	d.168	0.3769
d.25	0.2361	d.73	0.2361	d.121	0.7345	d.169	0.7043
d.26	0.1435	d.74	0.1328	d.122	0.6211	d.170	2.2211
d.27	0.2138	d.75	1.2806	d.123	0.8022	d.171	0.3568
d.28	2.2443	d.76	1.2818	d.124	0.6095	d.172	0.5616
d.29	1.4657	d.77	1.0878	d.125	0.3722	d.173	12.2338
d.30	1.8785	d.78	1.4136	d.126	1.3025	d.174	1.0676
d.31	1.108	d.79	0.6442	d.127	5.3497	d.175	6.228
d.32	0.3941	d.80	1.1673	d.128	0.5444	d.176	0.5094
d.33	0.6729	d.81	0.1041	d.129	3.3087	d.177	7.4797
d.34	0.4261	d.82	0.2746	d.130	54.7142	d.178	10.1508
d.35	0.3839	d.83	0.2335	d.131	9.07	d.179	2.6928
d.36	0.0335	d.84	0.2736	d.132	0.3654	d.180	1.624

**Lampiran 6. Pengujian Distribusi Normal Multivariat Tahap I
(Lanjutan)**

Jarak	Nilai	Jarak	Nilai	Jarak	Nilai	Jarak	Nilai
d.37	0.8993	d.85	1.0596	d.133	0.084	d.181	0.3176
d.38	0.5972	d.86	2.9362	d.134	0.9371	d.182	0.6429
d.39	0.7828	d.87	1.6486	d.135	3.9964	d.183	0.7023
d.40	14.2558	d.88	2.079	d.136	1.5244	d.184	3.1453
d.41	0.0858	d.89	0.6693	d.137	0.4701	d.185	1.3087
d.42	0.4834	d.90	1	d.138	0.6499	d.186	0.6436
d.43	0.3239	d.91	1.4357	d.139	1.3025	d.187	3.3066
d.44	0.3548	d.92	0.5621	d.140	0.4228	d.188	2.0992
d.45	0.5255	d.93	0.4287	d.141	0.3696	d.189	0.4579
d.46	1.0297	d.94	0.0724	d.142	2.1591		
d.47	0.6	d.95	0.8295	d.143	3.0084		
d.48	0.8551	d.96	0.1054	d.144	2.1054		

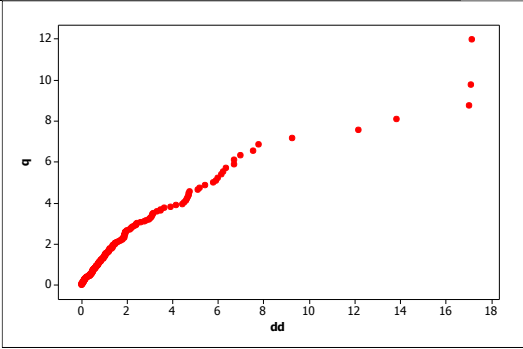


Lampiran 7. Pengujian Distribusi Normal Multivariat Tahap II

Jarak	Nilai	Jarak	Nilai	Jarak	Nilai	Jarak	Nilai
d.1	0.7385	d.51	0.0671	d.101	1.8657	d.151	0.4538
d.2	0.0418	d.52	0.8266	d.102	0.477	d.152	1.8125
d.3	0.5934	d.53	4.7206	d.103	2.5792	d.153	0.0215
d.4	7.7735	d.54	0.0948	d.104	4.4241	d.154	0.0858
d.5	3.1232	d.55	0.6036	d.105	4.1473	d.155	0.3633
d.6	6.1433	d.56	0.1825	d.106	0.4734	d.156	0.1679
d.7	0.0605	d.57	0.5152	d.107	4.512	d.157	5.1765
d.8	0.3128	d.58	1.5779	d.108	0.8497	d.158	4.6047
d.9	0.1108	d.59	0.6281	d.109	4.6783	d.159	2.4153
d.10	1.8143	d.60	0.7074	d.110	3.1714	d.160	0.996
d.11	0.7074	d.61	2.4423	d.111	6.7096	d.161	1.3817
d.12	0.7541	d.62	0.6155	d.112	0.4788	d.162	0.4609
d.13	2.2261	d.63	0.9559	d.113	1.1715	d.163	1.0348
d.14	0.4666	d.64	1.1491	d.114	0.3491	d.164	0.934
d.15	0.1003	d.65	0.8388	d.115	1.3836	d.165	0.5872
d.16	0.5243	d.66	1.9364	d.116	0.8552	d.166	9.2407
d.17	0.1217	d.67	1.2341	d.117	6.9924	d.167	3.4593
d.18	1.0761	d.68	1.9031	d.118	0.0001	d.168	1.7247
d.19	2.9881	d.69	1.8817	d.119	0.3193	d.169	0.958
d.20	1.4644	d.70	1.1878	d.120	0.39	d.170	1.0852
d.21	0.7214	d.71	3.0931	d.121	0.1325	d.171	0.4844
d.22	0.1241	d.72	6.001	d.122	0.1054	d.172	0.7775
d.23	1.3036	d.73	1.8858	d.123	0.1437	d.173	0.1588
d.24	0.2864	d.74	1.2284	d.124	13.838	d.174	0.5746
d.25	0.7526	d.75	1.9272	d.125	1.1824	d.175	0.6334
d.26	0.5421	d.76	1.2093	d.126	0.0098	d.176	0.5017
d.27	1.1033	d.77	0.2249	d.127	0.463	d.177	0.1473
d.28	3.0489	d.78	0.1357	d.128	0.5301	d.178	0.658
d.29	2.0086	d.79	0.2068	d.129	0.0545	d.179	0.4438
d.30	1.3276	d.80	1.5498	d.130	5.0929	d.180	0.7311
d.31	0.0977	d.81	1.9244	d.131	1.2284	d.181	0.4379
d.32	6.6935	d.82	1.6316	d.132	2.3142	d.182	0.3799
d.33	0.0626	d.83	1.3768	d.133	0.1954	d.183	0.6281
d.34	1.7129	d.84	0.8381	d.134	5.4461	d.184	1.9422
d.35	1.0458	d.85	17.1632	d.135	17.1111	d.185	0.6818
d.36	2.1348	d.86	1.35	d.136	1.3536	d.186	0.1075

Lampiran 7. Pengujian Distribusi Normal Multivariat Tahap II
(Lanjutan)

Jarak	Nilai	Jarak	Nilai	Jarak	Nilai	Jarak	Nilai
d.37	0.1702	d.87	3.324	d.137	1.0161	d.187	0.4708
d.38	1.414	d.88	1.0237	d.138	0.8819	d.188	0.0407
d.39	0.8225	d.89	1.8804	d.139	4.7494	d.189	1.0113
d.40	2.8272	d.90	3.9134	d.140	2.739	d.190	1.1988
d.41	0.063	d.91	0.8861	d.141	17.0122	d.191	0.0935
d.42	0.9793	d.92	2.1709	d.142	3.6199	d.192	0.67
d.43	0.5222	d.93	0.3923	d.143	6.3491	d.193	4.6218
d.44	0.3869	d.94	0.2974	d.144	12.1725	d.194	2.9386
d.45	0.5746	d.95	0.9312	d.145	2.3883	d.195	3.456
d.46	5.8921	d.96	6.2202	d.146	1.8302	d.196	3.103
d.47	7.5304	d.97	0.3798	d.147	0.2525	d.197	0.0126
d.48	1.4785	d.98	1.8756	d.148	5.7848	d.198	4.722
d.49	0.1972	d.99	1.0279	d.149	1.4894		
d.50	0.0119	d.100	0.7775	d.150	2.2031		



Lampiran 8. Pengujian Pergeseran Antar Shift pada Tahap I dan Tahap II

Multivariate Tests ^a						
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	1.000	2001508.976 ^b	2	185	0.000
	Wilks' Lambda	.000	2001508.976 ^b	2	185	0.000
	Hotelling's Trace	21637.935	2001508.976 ^b	2	185	0.000
	Roy's Largest Root	21637.935	2001508.976 ^b	2	185	0.000
Shift (Tahap I)	Pillai's Trace	.014	.675	4	372	.610
	Wilks' Lambda	.986	.673^b	4	370	.611
	Hotelling's Trace	.015	.671	4	368	.612
	Roy's Largest Root	.014	1.259 ^c	2	186	.286

Multivariate Tests ^a						
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	1.000	5707274.476 ^b	2	194	0.000
	Wilks' Lambda	.000	5707274.476 ^b	2	194	0.000
	Hotelling's Trace	58837.881	5707274.476 ^b	2	194	0.000
	Roy's Largest Root	58837.881	5707274.476 ^b	2	194	0.000
Shift (Tahap II)	Pillai's Trace	.144	7.580	4	390	.000
	Wilks' Lambda	.857	7.797^b	4	388	.000
	Hotelling's Trace	.166	8.012	4	386	.000
	Roy's Largest Root	.159	15.473 ^c	2	195	.000

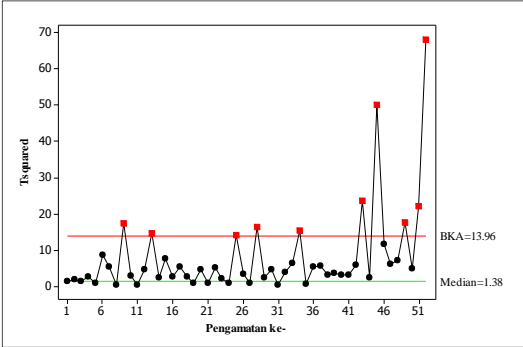
Lampiran 9. Pengujian Pergeseran Antar Tahap

Multivariate Tests ^a						
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	1.000	5705543.427 ^b	2	384	0.000
	Wilks' Lambda	.000	5705543.427 ^b	2	384	0.000
	Hotelling's Trace	29716.372	5705543.427 ^b	2	384	0.000
	Roy's Largest Root	29716.372	5705543.427 ^b	2	384	0.000
Tahap II dan Tahap II	Pillai's Trace	.221	54.604 ^b	2	384	.000
	Wilks' Lambda	.779	54.604^b	2	384	.000
	Hotelling's Trace	.284	54.604 ^b	2	384	.000
	Roy's Largest Root	.284	54.604 ^b	2	384	.000

Lampiran 10. Peta kendali T^2 Hotelling Tahap I

Pada lampiran ini terdapat iterasi pertama hingga iterasi ketiga Peta kendali T^2 Hotelling Tahap I.

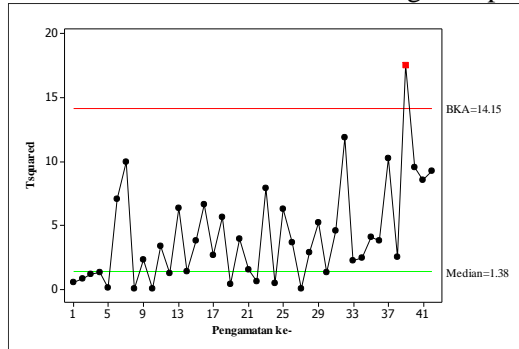
A. Iterasi Pertama Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I



Data Out Of Control T^2 Hotelling Tahap I Iterasi Pertama

Sub Group	Variabel	P-Value	Waktu Pengamatan
9	Kalium Iodat	0.002	Shift malam, 12 November 2014
	Lolos Mesh	0.0032	
13	Kalium Iodat	0.0002	Shift pagi, 14 November 2014
25	Lolos Mesh	0.0003	Shift pagi, 26 November 2014
28	Kalium Iodat	0.0021	Shift pagi, 27 November 2014
	Lolos Mesh	0.0053	
34	Lolos Mesh	0.0002	Shift pagi, 3 Desember 2014
43	Lolos Mesh	0	Shift malam, 10 Desember 2014
45	Kalium Iodat	0.0009	Shift sore, 10 Desember 2014
	Lolos Mesh	0	
49	Lolos Mesh	0.0001	Shift sore, 19 Desember 2014
51	Lolos Mesh	0	Shift pagi, 24 Desember 2014
52	Lolos Mesh	0	Shift sore, 24 Desember 2014

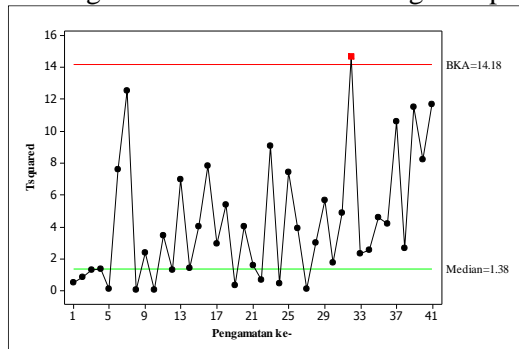
B. Iterasi Kedua Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I



Data out of control T^2 Hotelling Tahap I Iterasi Kedua

Sub Group	Variabel	P-Value	Waktu Pengamatan
39	Lolos Mesh	0.0001	Shift pagi, 11 Desember 2014

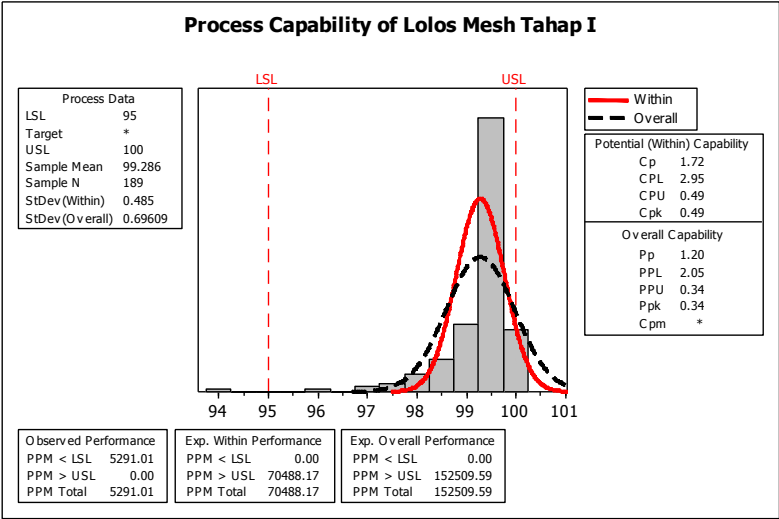
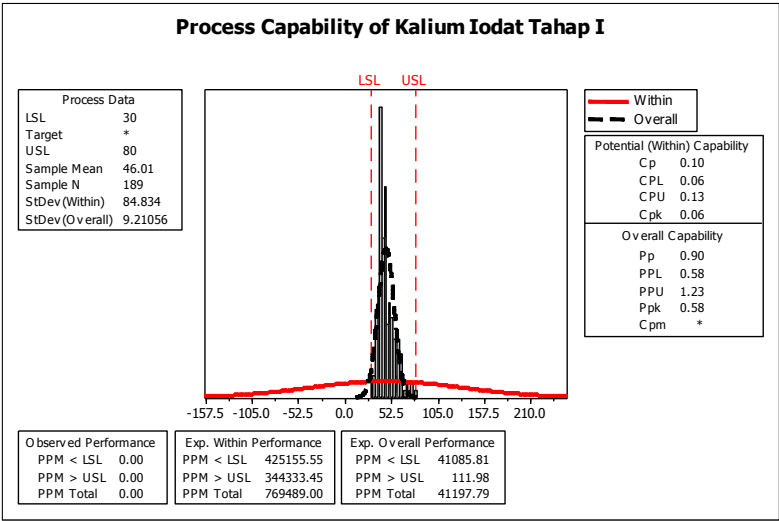
C. Iterasi Ketiga Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap I



Data out of control T^2 Hotelling Tahap I Iterasi Ketiga

Sub Group	Variabel	P-Value	Waktu Pengamatan
32	Lolos Mesh	0.0006	Shift pagi, 4 Desember 2014

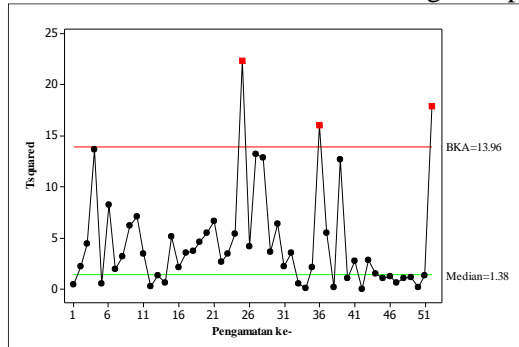
Lampiran 11. Indeks Kapabilitas Proses Tahap I



Lampiran 12. Peta kendali T^2 Hotelling Tahap II

Pada lampiran ini terdapat iterasi pertama hingga iterasi kedua Peta kendali T^2 Hotelling Tahap I.

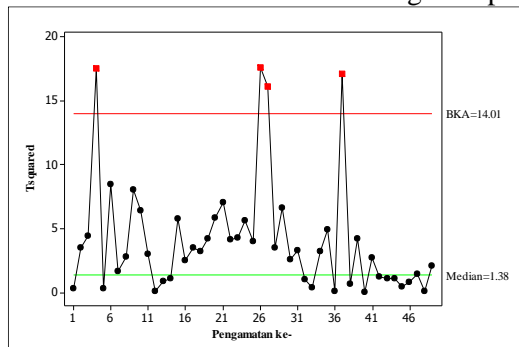
A. Iterasi Pertama Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap II



Data out of control T^2 Hotelling Tahap II Iterasi Pertama

Sub Group	Variabel	P-Value	Waktu Pengamatan
25	Kalium Iodat	0	Shift sore, 25 Februari 2015
36	Kalium Iodat	0.0019	Shift pagi, 10 Maret 2015
	Lolos Mesh	0.0112	
52	Kalium Iodat	0.0019	Shift sore, 31 Maret 2015
	Lolos Mesh	0.004	

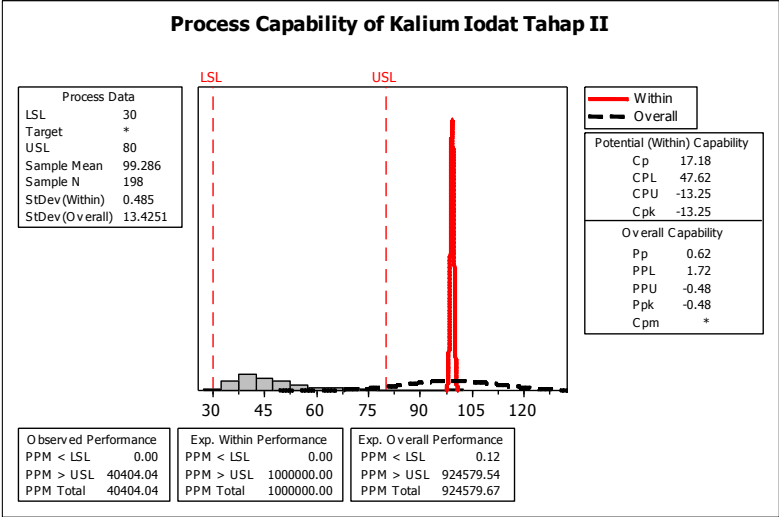
B. Iterasi Kedua Peta Kendali T^2 Hotelling Tahap II

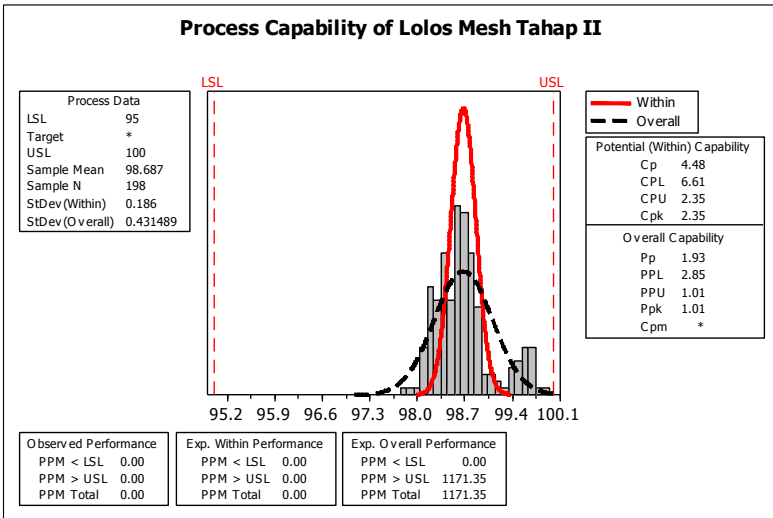


Data out of control T^2 Hotelling Tahap II Iterasi Kedua

Sub Group	Variabel	P-Value	Waktu Pengamatan
4	Kalium Iodat	0.0001	Shift pagi, 4 Februari 2015
26	Kalium Iodat	0.0438	Shift pagi, 26 Februari 2015
	Lolos Mesh	0.0002	
27	Kalium Iodat	0.0001	Shift sore, 26 Februari 2015
37	Kalium Iodat	0.0189	Shift pagi, 12 Maret 2015
	Lolos Mesh	0.0004	

Lampiran 13. Indeks Kapabilitas Proses Tahap I





Lampiran 14. Macro Indeks Kapabilitas Proses Tahap I

```

macro
cova x.1-x.p
mconstant n i t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 c.1-c.p k2 k chi cp sbaru
mcolumn x.1-x.p b.1-b.p vek.1-vek.120 cm1 sbr
mmatrix am1 am2 am3 ainv am5 am6 mm mtt mvek mvekt s cm2 cm3
cm4 vo voin
noecho
let n=count(x.1)
define 0 1 1 s
print s
do i=1:p
let b.i=x.i-mean(x.i)
enddo
copy x.1-x.p am1
cova x.1-x.p vo
print vo
inve vo voin
print voin
trans am1 am2
mult am2 am1 am3
inve am3 ainv
print ainv

```

Lampiran 14. Macro Indeks Kapabilitas Proses Tahap I
(Lanjutan)

```

copy b.1-b.p mm
trans mm mtt
copy mtt vek.1-vek.120
do i=1:n
copy vek.i mvek
trans mvek mvekt
mult mvekt ainv am5
mult am5 mvek am6
add s am6 s
print i s
enddo
print s
copy s sbr
print sbr
copy sbr sbaru
print sbaru
let t1=55
let t2=97.5
let c.1=mean(x.1)-t1
let c.2=mean(x.2)-t2
print c.1-c.2
copy c.1-c.2 cm1
print cm1
trans cm1 cm2
trans cm2 cm3
print cm2
print cm3
mult cm2 voin cm4
print cm4
mult cm4 cm3 k2
print k2
let k=sqrt(k2)
print k
invcdf 0.9973 chi;
chis p.
print chi
let cp=(k/chi)*sqrt((n-1)*p/sbaru)
print cp
endmacro

```

Lampiran 15. Macro Indeks Kapabilitas Proses Tahap II

```

macro
cova x.1-x.p
mconstant n i t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 c.1-c.p k2 k chi cp sbaru
mcolumn x.1-x.p b.1-b.p vek.1-vek.135 cm1 sbr
mmatrix am1 am2 am3 ainv am5 am6 mm mtt mvek mvekt s cm2
cm3 cm4 vo voin
noecho
let n=count(x.1)
define 0 1 1 s
print s
do i=1:p
let b.i=x.i-mean(x.i)
enddo
copy x.1-x.p am1
cova x.1-x.p vo
print vo
inve vo voin
print voin
trans am1 am2
mult am2 am1 am3
inve am3 ainv
print ainv
copy b.1-b.p mm
trans mm mtt
copy mtt vek.1-vek.135
do i=1:n
copy vek.i mvek
trans mvek mvekt
mult mvekt ainv am5
mult am5 mvek am6
add s am6 s
print i s
enddo
print s
copy s sbr
print sbr
copy sbr sbaru
print sbaru

```


**Lampiran 15. Macro Indeks Kapabilitas Proses Tahap II
(Lanjutan)**

```
let t1=55
let t2=97.5
let c.1=mean(x.1)-t1
let c.2=mean(x.2)-t2
print c.1-c.2
copy c.1-c.2 cm1
print cm1
trans cm1 cm2
trans cm2 cm3
print cm2
print cm3
mult cm2 voin cm4
print cm4
mult cm4 cm3 k2
print k2
let k=sqrt(k2)
print k
invcdf 0.9973 chi;
chis p.
print chi
let cp=(k/chi)*sqrt((n-1)*p/sbaru)
print cp
endmacro
```


DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D.W. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: Andi.
- Boenarco, I.S. 2012. Kebijakan Impor garam Indonesia (2004-2010): Implikasi Liberalisasi Perdagangan Terhadap Sektor Pergaraman Nasional. Di unduh dari <http://lontar.ui.ac.id/file?file=digital/20300588-T30500-Intan%20Sari%20Boenarco.pdf> pada tanggal 18 Desember 2014.
- Hair, J.F.Jr, William C.B, Barry J.B. dan Rolph E.A. 2010. *Multivariate Data Analysis Seventh Edition*. Pearson Prentice Hall.
- Indriartiningtias, Retno. 2007. Pengendalian Kualitas Produk Garam Pada Pt. XY. Di unduh dari <http://mmt.its.ac.id/publikasi/?tag=retno-indriartiningtias> pada tanggal 18 Desember 2014.
- Johnson, RA dan Dean WW. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis Sixth Edition*. Amerika Serikat: Pearson Education.
- Kotz, S, R.A. Johnson dan L. Norman. 1993. *Process Capability Indices First Edition*. New York: Chapman and Hall.
- Montgomery, D.C. 2009. *Introduction Statistical Quality Control, Sixth Edition*. United States of America: John Wiley and Sons.
- Tirto, J dan Bambang H. 2013. Manajemen Bisnis dan Pengembangan Fungsi Produksi/Operasi Bisnis garam Beryodium pada Perusahaan Keluarga PT. XY. Di unduh dari <http://studentjournal.petra.ac.id/index.php/manajemen-bisnis/article/view/299> pada tanggal 18 Desember 2014.
- Wignjosobroto, S. 2008. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu Edisi Pertama Cetakan Keempat*. Surabaya: Guna Widya.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Arning Susilawati. Lahir di Probolinggo, 11 April 1994, merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Tunas Harapan 1 Jatiadi Probolinggo, SDN Jatiadi 1 Probolinggo, SMPN 1 Gending Probolinggo, SMAN 1 Kraksaan Probolinggo. Penulis masuk Diploma-III Statistika pada tahun 2012 dengan NRP 1312030063. Selama kuliah penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan kerohanian Islam, kegiatan kepanitiaan dan pernah menjabat sebagai Staff HUMED JMMI ITS 1314, Koordinator Putri Divisi Isu Jurnalistik MEDIA JMMI ITS 1415 dan terakhir Koordinator Putri Departemen Islamic Pers JMMI ITS 1516. Motto hidup adalah "... kami mendengar, dan kami taat..." (2:285). Untuk bercengkrama dengan penulis, via arningsusi@gmail.com.